	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 10-04-2012	Revisión A
Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. i(201)	

AUTORES	EDWAR GIOVANNY GELVES BAYONA ADRIÁN CAMILO TRIGOS MELO		
FACULTAD	FACULTAD DE INGENIERÍAS		
PLAN DE ESTUDIOS	INGENIERIA CIVIL		
DIRECTOR	JOSE LUIS PÉREZ AREVALO		
TÍTULO DE LA TESIS	DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y REDISEÑO GEOMETRICO DE LA RED VIAL QUE COMUNICA AL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN CON EL CORREGIMIENTO DE ASPASICA NORTE DE SANTANDER, EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE EL PR19+000 Y EL PR23+000		
RESUMEN (70 palabras aproximadamente)			
<p>EL PRESENTE PROYECTO ESTABLECE EL DIAGNÓSTICO DEL ESTADO ACTUAL DE LA VÍA QUE COMUNICA AL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELÉN CON EL CORREGIMIENTO DE ASPASICA, NORTE DE SANTANDER; ABARCANDO APROXIMADAMENTE 4.0 KM DE ESTA Y UN REDISEÑO GEOMÉTRICO DE LA RED VIAL, CON EL CUAL SE DETERMINÓ EL BUEN TRAZADO DE LA VÍA TANTO EN PLANTA, COMO EN PERFIL, ADEMÁS DE ESTO A TRAVÉS DEL DISEÑO EN SECCIONES TRANSVERSALES EN CONJUNTO CON EL DISEÑO DEL PAVIMENTO SE LOGRÓ DETERMINAR LAS CANTIDADES DE OBRA NECESARIAS PARA LA ELABORACIÓN DEL PRESUPUESTO GENERAL DEL PROYECTO.</p>			
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 200	PLANOS:	ILUSTRACIONES: 88	CD-ROM: 1

**DIAGNOSTICO DEL ESTADO ACTUAL Y REDISEÑO GEOMETRICO DE LA
RED VIAL QUE COMUNICA AL MUNICIPIO DE LA PLAYA DE BELEN CON
EL CORREGIMIENTO DE ASPASICA NORTE DE SANTADER, EN EL TRAMO
COMPRENDIDO ENTRE EL PR19+000 Y EL PR23+000**

AUTORES:

EDWAR GIOVANNY GELVES BAYONA

ADRIÁN CAMILO TRIGOS MELO

Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero Civil

Director:

Esp. JOSE LUIS PÉREZ ARÉVALO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA

FACULTAD DE INGENIERÍAS

PLAN DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL

Ocaña, Colombia

Febrero, 2018

Resumen

El presente proyecto establece el diagnóstico del estado actual de la vía que comunica al Municipio de La Playa de Belén con el Corregimiento de Aspásica, Norte de Santander; abarcando aproximadamente 4.0 km de esta y un rediseño geométrico de la red vial, con el cual se determinó el buen trazado de la vía tanto en planta, como en perfil, además de esto a través del diseño en secciones transversales en conjunto con el diseño del pavimento se logró determinar las cantidades de obra necesarias para la elaboración del presupuesto general del proyecto.

Índice

Capítulo 1: Diagnostico del estado actual y rediseño geométrico de la red vial que comunica al municipio de la Playa de Belén con el Corregimiento de Aspasica Norte de Santander, en el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000	3
1.1. Planteamiento del Problema	3
1.2. Formulación del Problema	4
1.3. Objetivos de investigación	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
1.4. Justificación	5
1.5. Delimitaciones.....	6
1.5.1. Delimitación Geográfica.....	6
1.5.2. Delimitación Temporal.....	7
1.5.3. Delimitación conceptual	7
1.5.4. Delimitación Operativa.....	7
Capítulo 2: Marco Referencial	9
2.1. Marco Histórico	9
2.2. Marco contextual	12
2.3. Marco conceptual.....	13
2.3.1. Cuneta	13
2.3.2. Alcantarilla.....	13
2.3.3. Filtración	13
2.3.4. Velocidad de diseño.....	14
2.3.5. Diseño en planta	14
2.3.6. Diseño en perfil	14
2.3.7. Diseño de la sección transversal.....	14
2.3.8. Carretera.....	14
2.3.9. Pavimento flexible	15
2.3.10. Pendiente transversal del terreno	15
2.3.11. Rasante	15

2.3.12.	Vehículo de diseño	15
2.4.	Marco teórico.....	16
2.4.1.	Estudios Geotécnicos.....	16
2.4.2.	Pavimentos	21
2.4.3.	Pavimentos flexibles.....	22
2.4.4.	Tránsito	25
2.4.5.	Diseño geométrico de vías	29
2.4.6.	Ensayo California Bearing Ratio (CBR).....	44
2.5.	Marco legal.....	45
Capítulo 3: Diseño metodológico.		47
3.1.	Diseño Metodológico.....	47
3.2.	Población y Muestra.....	47
3.3.	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	48
3.4.	Análisis de información	49
Capítulo 4. Presentación de resultados.....		51
4.1.	Elaborar un diagnóstico de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspasia, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000. Utilizando el software de información geográfica ArcGis 10.3 basados en los manuales de INVIAS.....	51
4.1.1.	Descripción de la zona de estudio	52
4.1.2.	Descripción actual de la vía	53
4.2.	Efectuar el diseño de la estructura del pavimento flexible utilizando la metodología AASHTO.....	89
4.2.1.	Estudio de tránsito	90
4.2.2.	Estudio de Suelos	96
4.2.3.	Caracterización de los sondeos.....	97
4.2.4.	Caracterización de la estructura del pavimento.....	104
4.2.5.	Cálculo del número estructural ($\square \square$):.....	117
4.3.	Elaborar un rediseño geométrico en planta, en perfil y secciones transversales con sus respectivas obras complementarias de la red vial que comunica al Municipio de La	

Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspasica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000.....	130
Trabajos topográficos.....	131
4.3.1. Diseño geométrico vía La playa de Belén-Corregimiento de Aspasica	133
4.3.2. Señalización vial en el tramo comprendido PR19+000-PR23+000.	147
4.3.3. Obras complementarias.....	149
4.4. Desarrollar el presupuesto general que incluya los análisis de precios unitarios de cada actividad del proyecto	155
4.4.1. Especificaciones Técnicas de Construcción preliminares.....	155
Capítulo 5: Conclusiones	174
Capítulo 6: Recomendaciones.....	177
Bibliografía.....	179
Apéndices.....	181
Apéndice A. Estudios de suelos por muestra (Ver archivo adjunto)	182
Apéndice B. Planos levantamiento topográfico (Ver archivo adjunto)	183
Apéndice C. Cartera de campo (Ver archivo adjunto).....	184
Apéndice D. Planos diseño geométrico en planta, perfil y secciones transversales (Ver archivo adjunto)	185
Apéndice E. Planos de señalización horizontal y vertical. (Ver archivo adjunto).....	186
Apéndice F. Planos de obras complementarias. (Ver archivo adjunto)	187
Apéndice G. Presupuesto con sus respectivos APU. (Ver archivo adjunto).....	188

Lista de figuras

Figura 1. Tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000, De la red Vial que conduce del Municipio de la Playa De Belén hasta El corregimiento de Aspasia	7
Figura 2. Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas).....	17
Figura 3. Carta de plasticidad, límites de Atterberg.....	20
Figura 4. Sección típica de un pavimento flexible	22
Figura 5. Esquema de clasificación de vehículos	26
Figura 6. Curva circular simple	35
Figura 7. Curva circular compuesta de doble radio	36
Figura 8. Tangente vertical	37
Figura 9. Sección transversal típica de una vía.....	38
Figura 10. Sobre ancho en las curvas.....	41
Figura 11. Secciones transversales típicas.....	42
Figura 12. Ancho de banca en recta y en corte.....	42
Figura 13. Ancho de banca en recta y en terraplén	43
Figura 14. Ancho de banca en curva y en corte.....	43
Figura 15. Ancho de banca en curva y en terraplén.....	43
Figura 16. Ancho de banca en recta y sección mixta	44
Figura 17. Ausencia Total de cunetas (Tramo: PR22+950-PR23+000)	55
Figura 18. Cuneta con Obstrucción de severidad alta (Tramo: PR22+200-PR22+250).....	55
Figura 19. Cuneta con Obstrucción de severidad alta (Tramo: PR22+800-PR22+850).....	56
Figura 20. Cuneta con presencia de Vegetación (Tramo: PR22+200-PR22+250).....	56
Figura 21. Cuneta con Estancamiento de agua (Tramo: PR21+950-PR22+000).....	57
Figura 22. Tramo que requiere sistema de drenaje transversal, Alcantarilla (Tramo: PR20+150-PR20+300).....	58
Figura 23. Tramo que requiere sistema de drenaje transversal, Alcantarilla (Tramo: PR22+750-PR22+850).....	58
Figura 24. Alcantarilla Obstruida por materiales externos. PR20+390.....	59
Figura 25. Alcantarilla Obstruida por materiales externos. PR19+420	59
Figura 26. Alcantarilla en buen estado. PR21+780	60
Figura 27. Box Culvert (salida lateral del agua). PR19+605.....	61
Figura 28. Box Culvert (entrada lateral del agua). PR19+605	61
Figura 29. Box Culvert (Gradas disipadoras de energía). PR19+605.....	62
Figura 30. Geo-referencia de obras de arte presentes en la zona de estudio mediante el SW ArcGis 10.3.....	63
Figura 31. Punto crítico, Con necesidad de construcción de muro de contención PR22+510.	65
Figura 32. Punto crítico, Con necesidad de construcción de muro de contención (PR22+730). ..	65
Figura 33. Muro de contención; Con alcantarilla (PR20+600).....	66
Figura 34. Señal Reglamentaria de Transito SR-01 PARE	67
Figura 35. Señal Preventiva de Transito N° SP-02 Curva cerrada a la derecha	68
Figura 36. Señal Informativa de Transito N° SI-01 – Ruta nacional	68
Figura 37. Señal Transitoria de Transito N° SI-07 Sitio de parqueó.	69
Figura 38. Señal Horizontal de Transito (Demarcación) Líneas longitudinales, Dimensiones. ..	70

Figura 39. Señal Horizontal de Transito Demarcación de continuidad (Pare)	70
Figura 40. Señal Horizontal de Transito (Demarcación) Cruce peatonal tipo cebra	71
Figura 41. Señal Horizontal de Transito, Dimensiones baterías de estacionamiento.	71
Figura 42. Señal Horizontal de Transito, Flechas de incorporación a carriles exclusivos	72
Figura 43. Ausencia señalización, curva pronunciada a la izquierda.....	73
Figura 44. Ausencia señalización, curva cerrada a la izquierda PR19+600	73
Figura 45. Ausencia de señalización, curva cerrada a la derecha	74
Figura 46. Ausencia señalización, curva cerrada a la izquierda PR20+350.....	74
Figura 47. Ausencia señalización, curva pronunciada a la derecha	75
Figura 48. Ausencia señalización, zonda de curvas	75
Figura 49. Ausencia señalización curva y contra-curva pronunciada primera a la derecha.....	76
Figura 50. Ausencia señalización curva y contra-curva pronunciada primera a la izquierda	76
Figura 51. Ausencia señalización, incorporación de tránsito desde la derecha	77
Figura 52. Ausencia señalización, estación de servicios	77
Figura 53. Ausencia señalización, bifurcación a la izquierda.....	78
Figura 54. Ausencia señalización, curva y contra curva cerrada primera a la derecha	78
Figura 55. Ausencia señalización, zona de derrumbes.....	79
Figura 56. Ausencia señalización, zona de curvas sucesivas la primera a la izquierda	79
Figura 57. Ausencia señalización, curva cerrada a la derecha.....	80
Figura 58. Puntos ausentes de señalización y su respectiva señalización requerida	81
Figura 59. Falta de mantenimiento de Alcantarilla (PR22+150).....	82
Figura 60. Falta de mantenimiento de cunetas (PR22+450)	83
Figura 61. Ancho de zona, o derecho de vía con presencia de vegetación (PR22+550).....	84
Figura 62. Material Particulado en época de verano	85
Figura 63. Presencia de fango en época de lluvias.....	85
Figura 64. Diagnóstico del estado actual de la red vial	88
Figura 65. Vía en estudio la Playa de belén – Corregimiento de Aspasica Norte de Santander. ..	90
Figura 66. Esquema de clasificación de vehículos.....	95
Figura 67. Toma de muestras en zona de estudio y realización de CBR en laboratorio de suelos UFPSO.....	104
Figura 68. Nomograma para calcular coeficiente estructurar de la sub-base granular	106
Figura 69. Nomograma para calcular coeficiente estructurar de la base granular	107
Figura 70. Nomograma para calcular el índice de penetración y la Temperatura T800.	110
Figura 71. Relación entre la temperatura efectiva de la capas asfálticas y de la mezcla.....	111
Figura 72. Nomograma de Van Der Poel para determinar el módulo dinámico (Stiffness) del asfalto	113
Figura 73. Nomograma para el cálculo del módulo dinámico (Stiffnees) de las mezclas asfálticas.	115
Figura 74. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica	116
Figura 75. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada	122
Figura 76. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada	123
Figura 77. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada	124
Figura 78. Capas pavimento flexible.....	125

Figura 79. Espesores finales del pavimento flexible.....	129
Figura 80. Detalle en planta y en sección transversal, de la señalización requerida en el tramo de carretera.....	148
Figura 81. Sección transversal cuneta con respectivas dimensiones.....	150
Figura 82. Detalle Alcantarilla en planta con respectivas dimensiones	151
Figura 83. Detalle alcantarilla metálica.....	151
Figura 84. Corte transversal alcantarilla cole	152
Figura 85. Corte transversal alcantarilla descole	152
Figura 86. Corte longitudinal alcantarilla.....	153
Figura 87. Detalle frontal de empadrizacion del talud.	154
figura 88. Detalle en perfil empadrizacion del talud.....	154

Lista de tablas

Tabla 1. Límites de tamaño de suelos con su respectiva organización	16
Tabla 2. Sistema unificado de Clasificación; para suelos arenosos	19
Tabla 3. Sistema unificado de Clasificación, símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.	19
Tabla 4. Niveles de tránsito	27
Tabla 5. Factor daño por tipo de vehículo	28
Tabla 6. Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada	28
Tabla 7. Valores de la velocidad de diseño por tramos homogéneos.....	32
Tabla 8. Nomenclatura para la descripción de vehículos de diseño.....	33
Tabla 9. Dimensiones principales de los vehículos de diseño	34
Tabla 10. Anchos recomendados de calzada en recta.....	39
Tabla 11. Anchos recomendados de bermas.....	40
Tabla 12. Valores recomendados para el bombeo	40
Tabla 13. Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR.....	45
Tabla 14. Puntos de ausentes de señalización y respectiva señalización requerida	73
Tabla 15. Ancho de zona o derechos de vías para carreteras en Colombia.....	83
Tabla 16. Resumen del estado actual de la vía La Playa de Belén - Corregimiento de Aspasica, Norte de Santander.....	86
Tabla 17. Resultado de conteos en la carretera de estudio	91
Tabla 18. Factor camión de acuerdo al tipo de camión.....	93
Tabla 19. Periodo de diseño (en años) recomendado.....	94
Tabla 20. Clasificación de suelos método AASTHO.....	97
Tabla 21. Clasificación de suelos método USCS.....	98
Tabla 22. Cuadro de resultados de laboratorio	99
Tabla 23. Clasificación cualitativa del suelo según su uso	101
Tabla 24. Clasificación de suelos según sus límites de consistencias	101
Tabla 25. Clases de resistencia de la subrasante %CBR	102
Tabla 26. Requisitos de Calidad de las Capas Granulares.....	106
Tabla 27. Datos de entrada para el diseño del pavimento por el método de la Aashtto.....	117
Tabla 28. Niveles de confiabilidad recomendados por la Aashtto.....	118
Tabla 29. Desviación estándar dependiendo el tipo de proyecto.....	118
Tabla 30. Serviciabilidad inicial de acuerdo al tipo de pavimento	119
Tabla 31. Serviciabilidad final dependiendo del tipo de vía	119
Tabla 32. Capacidad del drenaje para remover la humedad.....	120
Tabla 33. Valores recomendados de m_i para modificar el coeficiente de capas de base y sub- base granular	121
Tabla 34. Espesores mínimos en carpeta asfáltica y base granular	127
Tabla 35. Resumen de parámetros estructura del pavimento	128
Tabla 36. Resumen de cartera topográfica (vía hacia Aspasica)	131
Tabla 37. Coeficiente de fricción transversal máxima	135
Tabla 38. Radios mínimos para peralte máximo y fricción máxima.....	135
Tabla 39. Resultados elementos curvas horizontales	138

Tabla 40. Pendiente Media Máxima del corredor de ruta (%) en función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo (VTR).....	140
Tabla 41. Longitud mínima de la tangente vertical.....	140
Tabla 42. Elementos y cotas de la curva vertical 1.	143
Tabla 43. Elementos y cotas de la curva vertical 2.	144
Tabla 44. Elementos y cotas de la curva vertical 3.	145
Tabla 45. Elementos y cotas de la curva vertical 4.	146
Tabla 46. Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular.....	163
Tabla 47. Uso típico de las diferentes clases de base granular	165

Introducción

Desde su inicio el hombre ha tenido la necesidad de comunicarse, desplazarse y realizar el intercambio de productos, dicha necesidad obligo a crear nuevas técnicas que permitieran contribuir al crecimiento de las comunidades. A partir de esto se empezó el desarrollo de rutas y mecanismos; como por ejemplo los caminos de herradura con sus vehículos de tracción animal, que fueron perfeccionándose a través del tiempo y junto con los avances tecnológicos, se han convertido en las vías y autopistas pavimentadas que hoy se conocen, con los respectivos vehículos modernos que facilitan la movilización de manera rápida, cómoda, segura.

La red vial nacional que está compuesta por vías primarias, las cuales intercomunican a las grandes ciudades entre sí, las vías secundarias que comunican las grandes ciudades con los municipios y las vías terciarias que comunican las cabeceras municipales con sus veredas están reglamentadas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), donde se caracterizan todos los parámetros y elementos correspondientes para su correcto funcionamiento.

En el presente proyecto se eligió un tramo perteneciente a la vía que comunica al municipio de la Playa de Belén con el Municipio de Hacari, Norte de Santander, por lo tanto se clasifica como una vía terciaria que puede estar funcionando en pavimento o afirmado en buen estado. Por su funcionamiento actual en afirmado y con su regular estado ocasiona algunos inconvenientes, desde la imposibilidad de transporte en épocas de invierno, hasta la

contaminación con material particulado, hecho que desfavorece enormemente el desarrollo de la región, poniendo en vulnerabilidad la situación económica y la calidad de vida.

Teniendo en cuenta lo anterior se realizó un diagnóstico y diseño geométrico en perfil, planta y sección transversal, que permitirá a la vía funcionar en pavimento flexible, acotando todos los parámetros y respectivos elementos que permitan este fin; generando en la zona una movilización y comercialización de productos de manera rápida, cómoda y segura, aumentando el crecimiento de la región, favoreciendo el desarrollo y contribuyendo a una estabilidad económica, que permita mejorar la calidad de vida de todos aquellos beneficiarios de esta red vial.

Capítulo 1: Diagnóstico del estado actual y rediseño geométrico de la red vial que comunica al municipio de la Playa de Belén con el Corregimiento de Aspásica Norte de Santander, en el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000

1.1. Planteamiento del Problema

En los últimos años la vía La Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, viene presentando constante crecimiento en cuanto a su uso; lo que ha ocasionado que aumente en un alto porcentaje la accidentalidad a causa del mal estado en que se encuentra la vía, generando daño en los automóviles e incomodidad para las personas que utilizan la carretera. Por otro lado, la vía no presenta diseño hidráulico suficiente para lograr el drenaje longitudinal, provocando con ello el estancamiento del agua sobre la sub-rasante y la posterior infiltración hacia las capas inferiores, llevando a desestabilizar y deteriorar la vía, así mismo estas condiciones no permiten una buena transitabilidad para los usuarios. Además, existen comunidades aledañas a la carretera que se ven perjudicadas por la contaminación auditiva y por el levantamiento de las partículas de material fino que ocasionan los vehículos al transitar, afectando la salud y provocando el incremento de enfermedades respiratorias.

Todo lo anterior conlleva al estancamiento en cuanto al desarrollo productivo, agrícola y transporte de la región. Debido a esto se necesita de la presencia del estado en estos territorios ya que se requiere fomentar el desarrollo en la infraestructura vial de la región con vías más

cómodas y seguras que faciliten el acceso hacia los destinos del Corregimiento de Aspásica, Hacari y veredas circunvecinas.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo el diagnóstico del estado actual y el Rediseño geométrico de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000, mejora las condiciones de vida de los habitantes de la región, disminuye los índices de accidentalidad y los perjuicios causados por el material particulado que esta ocasiona al no estar pavimentada?

1.3. Objetivos de investigación.

1.3.1. Objetivo General. Diagnosticar el estado actual y realizar el diseño geométrico de la red vial que comunica al Municipio de la Playa de Belén con el corregimiento de Aspásica Norte de Santander, en el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000.

1.3.2. Objetivos Específicos. Elaborar un diagnóstico de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000. Utilizando el software de información geográfica ArcGis 10.3 basados en los manuales de INVIAS.

Efectuar el diseño de la estructura del pavimento flexible utilizando la metodología AASHTO.

Elaborar un rediseño geométrico en planta, en perfil y secciones transversales con sus respectivas obras complementarias de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000.

Desarrollar el presupuesto general que incluya los análisis de precios unitarios de cada actividad del proyecto.

1.4. Justificación.

Ante las nuevas políticas estatales (El mundo, 2013) en cuanto a inversión en vías 4G, la vía comprendida entre el Municipio de la Playa de Belén y el Corregimiento de Aspásica, se hace necesario la mejoría de la vía, ya que esta es vértebra fundamental para el comercio y desarrollo económico de la región.

Actualmente Norte de Santander (PNUD, 1997), en cobertura de infraestructura tiene un déficit y bajos niveles de desarrollo, altos niveles de accidentalidad y problemas de orden público que se han venido presentando en los últimos años, generando así desconfianza, temor y necesidad de mejora.

Con la aparición de las nuevas tendencias y avances tecnológicos en materia vial, es fundamental la realización de los diferentes estudios planteados, debido a que el Corregimiento de Aspásica, Norte de Santander es la principal fuente productora de alimentos de primera necesidad en la región, de igual forma, es el punto conector entre el Municipio de Hacarí, el Municipio de La Playa de Belén y corregimientos circunvecinos como la Vega de San Antonio, que a través de esta vía transportan y comercializan sus alimentos para suplir sus necesidades.

Otra razón por la cual es necesaria la realización de dichos estudios, es para contrarrestar en cierta medida el factor real y porcentual, los índices de accidentalidad e inseguridad de la región.

Con lo anterior, es indispensable resaltar la importancia realización de este proyecto, pues se brindarían propuestas que logren alcanzar en un futuro la ejecución de las mismas, generando así desarrollo para el Municipio de La Playa de Belén, y sobre todo un progreso para toda la región

1.5. Delimitaciones.

1.5.1. Delimitación Geográfica. El proyecto abarca la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander en el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000.



Figura 1. Tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000, De la red Vial que conduce del Municipio de la Playa De Belén hasta El corregimiento de Aspasica.

Nota fuente: Google Earth.

1.5.2. Delimitación Temporal. El desarrollo del proyecto tiene prevista una duración de cinco (5) meses contemplados en tres (3) meses para la recolección de datos de campo y levantamiento topográfico (altimetría y planimetría) de la red vial, dos (2) meses para el análisis, proceso y organización de la información recolectada y elaboración del diseño de la infraestructura vial y presupuesto general del proyecto.

1.5.3. Delimitación conceptual. Para la delimitación conceptual se tomará como referencia parámetros de: tipos de pavimentos, diseño geométrico, drenajes superficiales, señalización vial.

1.5.4. Delimitación Operativa. Para la realización del proyecto se procederá a operar de forma descriptiva, haciendo primero que todo una inspección visual de la zona, así como un inventario de los elementos presentes en ella, Luego se procederá de forma directa a la realización de mediciones necesarias logrando parametrizar el proyecto, obteniendo una serie de

muestras en campo, que serán analizadas y ensayadas en laboratorio. Lo que infiere se operará de forma experimental, por medio del método científico se realizará la comparación de resultados, la toma de decisiones a raíz de estos y el rediseño final.

Capítulo 2: Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

La historia de las primeras vías en Colombia se remonta a finales del siglo XIX, Debido a la necesidad de transportar los productos agrícolas desde las zonas rurales hasta las grandes ciudades en ese entonces en nuestro territorio. Entre 1890 y 1905 con la llegada de los primeros automóviles al País, se crea en si el Ministerio de Obras Publicas bajo la dirección de Rafael Reyes Como presidente, Para empezar a direccionar las vías nacionales, Férreas y la canalización de los Ríos. Desde este año se definieron las carreteras en Nacionales, Departamentales, Y Municipales, Tal y como están ahora, (Primarias, Secundarias y terciarias). (Rosario, 2013)

Para 1930 Colombia contaba con una red de 5.700 km que no estaban integradas como red nacional; por lo cual, el Gobierno Nacional por la Ley 88 de 1931, creó el Consejo Nacional de Vías de Comunicación, que se encargó de preparar el primer plan de carreteras nacionales, bajo dicha ley la red de carreteras nacionales de Colombia tendría una longitud de 6.204 km Divididas en Troncales y transversales. Para 1938, se empiezan a pavimentar las primeras rutas nacionales bajo el programa "cambio de piso". Bajo el gobierno de Eduardo Santos (1938-1942) se crean contratos para pavimenta 900 km de vías a pesar que muchos de los contratos se dilatan, se logran pavimentar los primeros tramos entre Cúcuta-Puente Internacional, Cartagena – Sabanalarga, Usaquén – La Caro, Muzo – Chusacá, y Fontibón – Facatativá (Bravo, 2014).

De acuerdo a cifras del Ministerio de Transporte, actualmente el país cuenta con cerca de 162.000 km de vías que conforman el total de la red vial nacional. La red primaria está conformada por algo más de 16.000 km (aquella que está a cargo de la nación), 71.000 km correspondientes a la red secundaria (aquella que se encuentra a cargo de los departamentos), y cerca de 60.000 km correspondientes a la red terciaria. Dada la carencia de recursos por parte de los entes municipales, la nación, a través del Instituto Nacional de Vías (INVIAS), se hizo cargo de cerca de 26.000 km de la red terciaria, mientras que los restantes 35.000 siguen a cargo de los municipios (Pérez, 2015).

La Alcaldía municipal de La Playa de Belén en cabeza del señor alcalde Víctor Julio Claro Lozano, y con la anterior administración del Señor Volmar Ovallos Ascanio Ex Alcalde del municipio, realizaron y realizan una serie de obras a lo largo de los últimos años, en procura de la mejora de las vías terciarias del municipio los cuales se llevaron a cabo con recursos del sistema general de regalías y dichas obras según (Alcaldía de la Playa de Belén) son las siguientes:

Mantenimiento de la vía el Cruce - la Playa de Belén, desde K0+000 hasta el K5+000, municipio la Playa de Belén, Departamento Norte de Santander, adjudicado el 30 de Septiembre de 2015, con un valor de (\$2,018,130,189) dos mil dieciocho millones, ciento treinta mil, ciento ochenta y nueve pesos moneda cte.

Construcción obras de pavimentación y zonas peatonales de la calle 25 de noviembre en el centro poblado del Corregimiento de Aspásica del Municipio la Playa de Belén, adjudicado el 18

de agosto de 2015, por un valor de (\$228.005.321) doscientos veintiocho millones, cinco mil, trescientos veintiún pesos moneda cte.

Construcción Box Couvert y muro de contención sobre la Quebrada la Vega en la vía Guayabon - la Lejía, adjudicado el 16 de septiembre del 2015, por un valor de (\$240.785.188) doscientos cuarenta millones, setecientos ochenta y cinco mil, ciento ochenta y ocho pesos moneda cte.

Rehabilitación y mejoramiento de las vías en las Veredas Clavellinos, San Pedro, El salero parte alta, La Mesa de Aratoque y alto viejo del sector rural del Municipio de La Playa N.S, adjudicado el 29 de mayo del 2015, por un valor de (\$171,912,000) ciento setenta y un millones, novecientos doce mil pesos moneda cte.

Mejoramiento, mantenimiento y conservación de la vía El Espejo, La Vega Municipio de La Playa, Departamento Norte de Santander, ajuiciado el 24 de febrero de 2014, por un valor de (\$900.000.000) novecientos millones de pesos moneda cte.

Además de esto se logró gestionar con Fonade, e Invias el proyecto Fonade se compromete con el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) - a ejecutar la gerencia integral de la interventoría técnica, administrativa, financiera y ambiental para los proyectos de mejoramiento y mantenimiento de la red terciaria a nivel nacional celebrado el 25 de noviembre de 2011 con una inversión de (\$33.693.314.77) treinta y tres mil, seiscientos noventa y tres millones, trescientos catorce mil, setecientos setenta y un pesos moneda cte.

2.2. Marco contextual

El diagnóstico del estado actual y el rediseño geométrico de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander en el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000, se enmarcará bajo un contexto rural entre el municipio de la playa de Belén y el corregimiento de Aspásica, cuya principal actividad económica es la agricultura, también se trabaja en menor cantidad con la ganadería, criaderos de peces, cerdos, gallinas ponedoras y pollos de engorde; se trabajara con los pobladores de la zona como elemento integrador de la etapa diagnóstico, con el fin de conocer las problemáticas consecuentes del actual estado de la vía, se realizarán aforos vehiculares, mediciones en campo, y estudio de suelo, para el logro de los objetivos propuestos su facilidad para la construcción y posterior pavimentación lo que permitirá la fácil movilidad de las personas que prestan el servicio de transporte hecho que disminuirá los tiempos de viaje y el índice de accidentalidad, mejorando la calidad de vida de los habitantes.

2.3. Marco conceptual.

2.3.1. Cuneta. Las cunetas son estructuras de drenaje que captan las aguas de escorrentía superficial proveniente de la plataforma de la vía y de los taludes de corte, conduciéndolas longitudinalmente hasta asegurar su adecuada disposición. Las cunetas construidas en zonas en terraplén protegen también los bordes de la berma y los taludes del terraplén de la erosión causada por el agua lluvia, además de servir, en muchas ocasiones, para continuar las cunetas de corte hasta una corriente natural, en la cual entregar (INVIAS, 2009).

2.3.2. Alcantarilla. Una alcantarilla es un conducto relativamente corto a través del cual se cruza el agua bajo la vía de un costado a otro. Incluye, por lo tanto, conductos con cualquier sección geométrica: circulares y alcantarillas de cajón principalmente (INVIAS, 2009).

2.3.3. Filtración. La filtración se suele definir como el movimiento o flujo de un fluido a través de un medio poroso permeable. Para los fines de este manual, el fluido es el agua y el medio poroso permeable está constituido por los suelos y rocas naturales y los elementos estructurales del pavimento. El punto hasta el cual permite el medio poroso que fluya el fluido, es decir, su permeabilidad, depende de la manera como estén interconectados sus vacíos y del tamaño y la forma de dichas conexiones. (INVIAS, 2009).

2.3.4. Velocidad de diseño. Es el proceso de asignación de la Velocidad de Diseño donde se debe otorgar la máxima prioridad a la seguridad de los usuarios. Es por esto que la velocidad de diseño a lo largo del trazado debe ser tal que los conductores no sean sorprendidos por cambios bruscos y/o muy frecuentes en la velocidad con la finalidad de obtener una máxima seguridad el recorrido. (INVIAS, 2008).

2.3.5. Diseño en planta. Es la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial. Donde dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes y que están enlazados entre sí por trayectorias curvas. (INVIAS, 2008).

2.3.6. Diseño en perfil. Es aquella proyección del eje real o espacial de la vía sobre una superficie vertical paralela al mismo. (INVIAS, 2008).

2.3.7. Diseño de la sección transversal. Es la definición de la ubicación y dimensión de los elementos que forman la carretera, y su relación con el terreno natural, en cada uno de los puntos de ella sobre una sección normal al alineamiento horizontal. (INVIAS, 2008).

2.3.8. Carretera. Infraestructura del transporte cuya finalidad es permitir la circulación de vehículos en condiciones de continuidad en el espacio y el tiempo, con niveles adecuados de seguridad y de comodidad. Puede estar constituida por una o varias calzadas, uno o varios sentidos de circulación o uno o varios carriles en cada sentido, de acuerdo con las exigencias de la demanda de tránsito y la clasificación funcional de la misma. (INVIAS, 2008).

2.3.9. Pavimento flexible. Tipo de pavimento constituido por una capa de rodadura bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas granulares no rígidas (INVIAS, 2008).

2.3.10. Pendiente transversal del terreno. Corresponde aquellas pendientes que tienen las inclinaciones naturales del terreno, medidas en el sentido transversal del eje de la vía. (INVIAS, 2008).

2.3.11. Rasante. Es la proyección vertical del desarrollo del eje de la superficie de rodadura de la vía la cual servirá como base de colocación del pavimento (INVIAS, 2008).

2.3.12. Vehículo de diseño. Tipo de vehículo cuyo peso, dimensiones y características de operación se usan para establecer los controles de diseño que acomoden vehículos del tipo designado. Con propósitos de diseño geométrico, el vehículo de diseño debe ser uno, se podría decir que imaginario, cuyas dimensiones y radio mínimo de giro sean mayores que los de la mayoría de vehículos de su clase (INVIAS, 2008).

2.4. Marco teórico

2.4.1. Estudios Geotécnicos. Al evaluar un pavimento existente la exploración del suelo y los ensayos de laboratorio realizados a los distintos materiales utilizados en las capas del pavimento juegan un papel muy importante, debido a que éstos proporcionan información de gran valor a la hora de tomar decisiones con respecto al estado en que se encuentran los materiales de la estructura de pavimento.

Para la obtención de la información geotécnica básica de las propiedades del suelo, deben efectuarse ensayos de campo y laboratorio que determinen su distribución y propiedades físicas.

Una investigación de suelos debe comprender:

2.4.1.1. Caracterización Geotécnica. Tamaño de las partículas de suelos: Los tamaños de las partículas que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos, en general, son llamados grava, arena, limo o arcillas, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. La tabla 1 muestra los límites de tamaño de suelo separados desarrollados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts y la Asociación de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO).

Tabla 1.

Límites de tamaño de suelos con su respectiva organización.

Nombre de la organización	Tamaño del grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Funcionarios del Transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002

Sistema unificado de clasificación de suelos (U.S. Army Corps of Engineers; U.S. Bureau of Reclamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (limos y arcillas) <0.075
---	-------------	--------------	---------------------------------

Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

- Curva de distribución granulométrica: Los resultados del análisis mecánico se presentan generalmente en graficas semi-logarítmicas como curvas de distribución granulométrica. Los diámetros de las partículas se grafican en escala logarítmica y el porcentaje correspondiente de finos en escala aritmética.

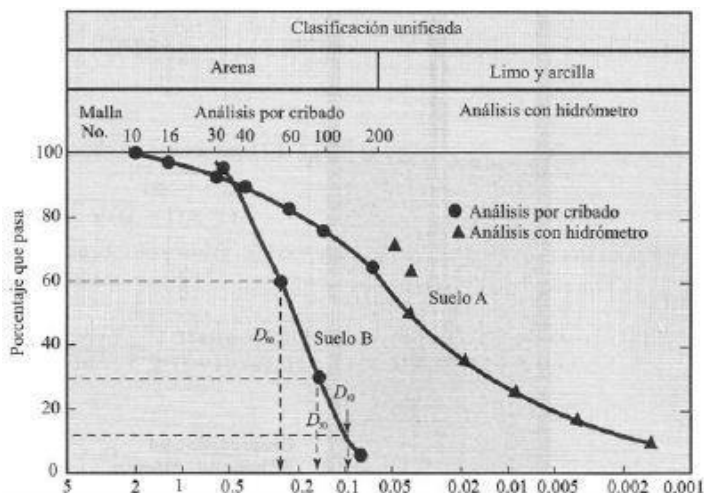


Figura 2. Curvas de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas).

Nota fuente: Manual diseño de pavimentos flexibles.

- Consistencia del suelo: Según (Braja M. Das, 2001) Albert Mauritz Atterberg desarrollo un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con contenidos de agua variables a muy bajo contenido de agua, el suelo se comporta más como un sólido frágil. Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido de agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólidos, semisólido, plásticos y líquido. Limite liquido (LL): Se define como el contenido de agua de un suelo fino, para el cual su

resistencia al corte es aproximadamente de 25 g/cm²; Limite plástico (PL): Se define como el contenido de agua, en porcentaje, con el cual el suelo, al ser enrollado en rollitos de 3.2 mm de diámetro, se desmorona. Es el límite inferior de la etapa plástica del suelo y Limite de contracción (SL): La masa de suelo se contrae conforme se pierde gradualmente el agua del suelo. Con una pérdida continua de agua, se alcanza una etapa de equilibrio en la que más pérdida de agua conducirá a que no haya cambio de volumen.

2.4.1.2. Clasificación del suelo. De acuerdo a (Braja M. Das, 2001), los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y subgrupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos. Estos son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos. Los ingenieros geotécnicos usualmente prefieren el sistema unificado.

- Sistema unificado de clasificación de suelos: El sistema unificado de clasificación se presenta en las siguientes tablas; clasifica los suelos en dos amplias categorías: 1. Suelos de grano grueso, tipo grava o arenosos con menos del 50% pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo G o S.G significa grava o suelo gravoso y S significa arena o suelo arenoso. 2. Suelos de grano fino, con el 50% o más pasando por la malla No. 200. Los símbolos de grupos comienzan con un prefijo M, que significa limo inorgánico, C para arcilla inorgánica u O para limos y arcillas orgánicos. El símbolo Pt se usa para turbas,

lodos y otros suelos altamente orgánicos. Otros símbolos son también usados para la clasificación están el W: bien graduado, P: mal graduado, L: baja plasticidad (límite líquido menor que 50) y el H: alta plasticidad (límite líquido mayor que 50).

Tabla 2.
Sistema unificado de Clasificación; para suelos arenosos.

Grupo	Criterios
Sw	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C60/D10$ mayor o igual a 6; $C2=(D30)^2/(D10 \times D60)$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg se grafican debajo de la línea A; o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg se grafican arriba de la Línea A; índice de plasticidad menor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML.
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

Tabla 3.
Sistema unificado de Clasificación, símbolos de grupo para suelos limosos y arcillosos.

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 4$; se grafica debajo de la línea A
OL	Orgánico: $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$; $LL < 50$
CH	Orgánico: $LL - \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea A
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea A
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0,75$; $LL \geq 50$

Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

De esta forma para obtener una clasificación apropiada por medio de este sistema, es de vital importancia conocerse la siguiente información: 1. Porcentaje de grava, es decir, la fracción

que pasa la malla de 76.2 mm y es retenido en la malla No. 4 (abertura de 4.75mm); 2.

Porcentaje de arena, es decir, la fracción que pasa la malla No. 4 (abertura de 4.75mm) y es retenido en la malla, No. 200 (abertura de 0.075mm); 3. Porcentaje de limo y arcilla, es decir, la fracción de finos que pasan la malla No. 200 (abertura de 0.075 mm); 4. Coeficiente de uniformidad (C_u) y coeficiente de curvatura (C_z); 5. Limite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla No. 40.

Los símbolos de grupo para suelos tipo grava de grano grueso son GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y GP-GC. Similarmente, los símbolos de grupos para suelos de grano fino son CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML y Pt.

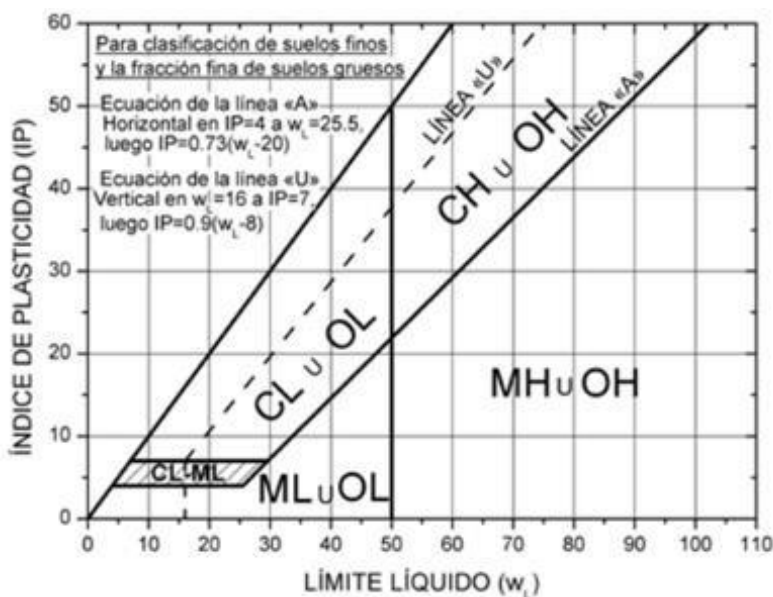


Figura 3. Carta de plasticidad, límites de Atterberg.

Nota fuente: Libro fundamentos de ingeniería geotécnica.

2.4.2. Pavimentos.

Un pavimento principalmente está compuesto por una variedad de capas las cuales se deben encontrar superpuestas entre sí, de esta manera se diseña y se construye técnicamente con materiales apropiados y con una excelente compactación. Cabe destacar que el conjunto de las estructuras estratificadas deben apoyarse directamente sobre la sub-rasante de la vía, la cual debe resistir satisfactoriamente con cada uno de los esfuerzos impuestos que las cargas repetidas de tránsito producirá y a la vez transmitirá durante el periodo de diseño a la cual fue proyecta. (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

De esta forma (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) afirma que el pavimento deberá cumplir ciertos requisitos para funcionar adecuadamente:

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito y a los agentes de interperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades previstas de circulación de los vehículos, por cuanto ella tiene una decisiva influencia en la seguridad vial. Además debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Debe presentar una regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Ser duradera en el tiempo
- Debe ser económico

- Debe brindar una suficiente comodidad al usuario en cuanto al ruido de rodadura ocasionado por el vehículo.
- Deber poseer un adecuado acabado en relación al color, esto con el fin de evitar reflejos y deslumbramiento para proporcionar así seguridad al tránsito.

2.4.3. Pavimentos flexibles.

Este tipo de pavimentos están formados por una carpeta bituminosa apoyada generalmente sobre dos capas no rígidas, la base y la sub-base. Siendo así que la distribución de cargas en este tipo de pavimento es transmitida de forma directa a las capas inferiores pues no aporta ninguna capacidad portante a la estructura. (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

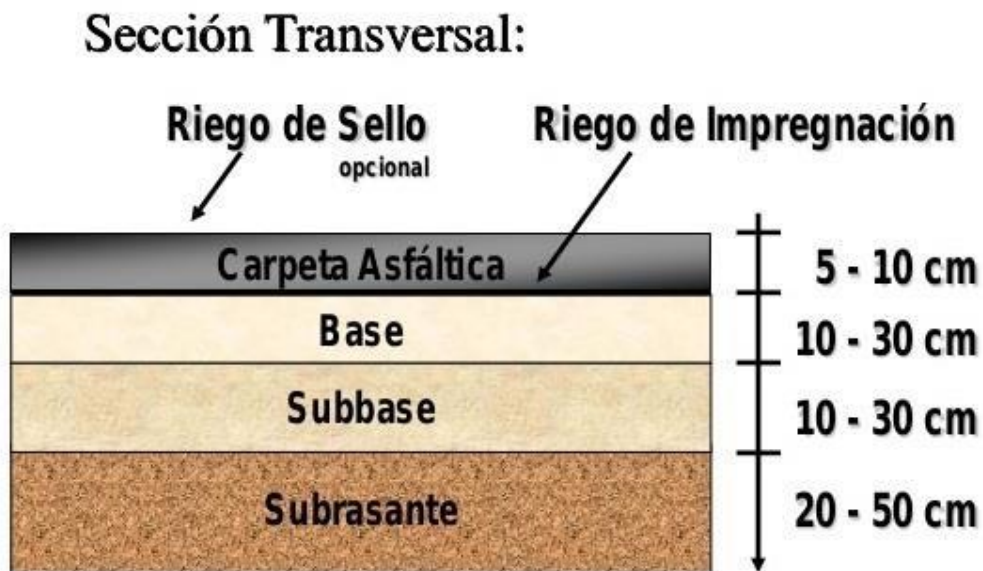


Figura 4. Sección típica de un pavimento flexible.

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

El pavimento flexible cuenta con unas capas que según (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) tienen unas funciones específicas, estas capas son:

2.4.3.1. *La sub-base granular*

Función económica: Una de las principales funciones de esta capa es sin duda alguna la economía; de esta manera, el espesor total que se requiere para que el nivel de esfuerzos en la sub-rasante sea igual o menor que su propia resistencia, es la de ser construido con materiales de excelente calidad; aun así, es preferible realizar una apropiada distribución de las capas más calificadas en la parte superior y luego colocar en la parte inferior del pavimento aquella capa que presente menor calidad, la cual será de menor costo. Esta solución en algunas ocasiones puede generar un aumento en el espesor total del pavimento y no obstante, resultar más económica.

Capa de transición: Realizando un adecuado diseño en la sub base se logra impedir la penetración de materiales que constituyen la base con los de la sub-rasante y del mismo modo, actuar como filtro de la base restringiendo que materiales finos de la sub-rasante logren contaminar y ocasionar una pérdida en su calidad.

Disminución de las deformaciones: Algunos cambios volumétricos de la capa sub-rasante, generalmente asociados a cambios en su contenido de agua (expansiones), o producidos también por:

- extremos de temperatura (heladas), pueden absorberse con la capa sub-base, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento.

- **Resistencia:** Juega un papel de suma importancia pues la sub-base tiene como objetivo soportar los esfuerzos generados por las cargas de los vehículos a través de las capas superiores para lograr transmitirlos a un nivel adecuado a la sub-rasante.

- **Drenaje:** En algunos casos la sub-base debe drenar el agua, que se introduzca a través de la carpeta o por las bermas, así como impedir la ascensión capilar.

2.4.3.2. La base granular.

Resistencia: La función fundamental de la base granular de un pavimento consiste en brindar la suficiente resistencia para transmitir a la sub-base y sub-rasante todos aquellos esfuerzos ocasionados por el tránsito con una intensidad apropiada.

Función económica: Respecto a la carpeta asfáltica, la base tiene una función económica similar a la que tiene la sub-base con respecto a la base.

2.4.3.3. Carpeta

Superficie de rodamiento: La carpeta asfáltica tiene como función principal proporcionar una superficie uniforme y duradera al tránsito, al igual que poseer una adecuada textura y color para

evitar reflejos y deslumbramientos. Otro aspecto importante en cuanto a su serviciabilidad es la de resistir los efectos abrasivos del tránsito.

Impermeabilidad: Su objetivo es el de impedir la filtración del agua a capas inferiores del pavimento.

Resistencia: Su resistencia a la tensión aumenta la capacidad estructural del pavimento.

2.4.4. Tránsito. De acuerdo a lo establecido por (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) para pavimentos asfálticos en vías con bajos volúmenes de tránsito, el dimensionamiento de este tipo de estructuras es de gran importancia tener en cuenta las cargas por eje esperadas en el carril de diseño, de esta forma se puede determinar el periodo de diseño adoptado para dicho pavimento. Es así como este autor afirma que la variable más importante en el diseño de un pavimento de una vía es el tránsito, el cual se define con el número, tipo y peso de los vehículos que transitan por ella.

Conforme a lo anterior el Instituto Nacional de vías (INVIAS) designo la siguiente terminología para todos aquellos vehículos que circulan en el país, los cuales son: Vehículos livianos (automóviles), Buses y Camiones.

Además de lo planteado se pudo clasificar el tipo de vehículos de acuerdo con el número y disposición de los ejes, como se muestra en la siguiente figura.

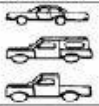
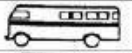
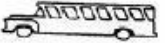
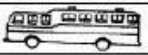
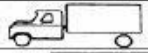
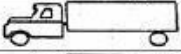

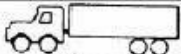
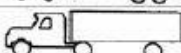
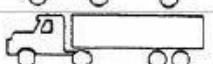
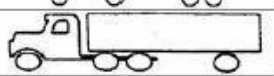
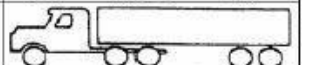
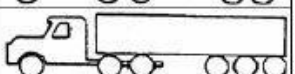
TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BURSETA	
	FIBS	
	BUS METROPOLITANO	
C2-P	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑOS	
C2-G	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDES	
C3 Y C4	CAMIÓN C3	
	CAMIÓN C4	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S1	
	TRACTOR-CAMIÓN C2-S2	
	TRACTOR-CAMIÓN C3-S1	
C5	TRACTOR-CAMIÓN C3-S2	
> C5	TRACTOR-CAMIÓN C3-S3	

Figura 5. Esquema de clasificación de vehículos.

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

De acuerdo a lo planteado por (Alfonso Montejó Fonseca, 2002) considera que para el cálculo de tránsito se debe tener amplio conocimiento de lo siguiente:

- Niveles de tránsito: se clasifica el tránsito de diseño en dos niveles, que son en función del número de ejes equivalentes de 8.2 Ton proyectados durante el periodo de diseño en el carril. En la siguiente tabla se indica las categorías adoptadas.

Tabla 4.
Niveles de tránsito.

Nivel de tránsito	Numero de ejes equivalentes de 80kN durante el periodo de diseño en el carril de diseño
T1	<150.000
T2	150.000-500.000

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

- Componentes de tránsito: Para estimar adecuadamente los volúmenes de tránsito se divide en: Tránsito normal: Tránsito que circularía por la red si no se realizara el proyecto; Tránsito atraído: Tránsito que utilizará el proyecto, por las ventajas o beneficios que ofrece; Tránsito generado: Se origina por el proyecto debido a mejores condiciones de oferta (tránsito nuevo por efecto del desarrollo del área de influencia).
- Determinación del nivel de confianza en la proyección del tránsito: El ingeniero deberá considerar en el cálculo del número de ejes equivalentes de 8.2 ton para el diseño, el nivel de confiabilidad que considere pertinente. En caso de que exista estudios ya realizados de tránsito en dicha vía, se adoptara modelos estadísticos con el fin de minimizar errores, es así como el ingeniero considerara la confiabilidad pertinente.
- Conversión de vehículos a ejes equivalentes de 8.2 ton. Factores de daño por tipo de vehículo: Los factores de daño se indican en la siguiente tabla, y serán los que se deberán aplicar para calcular los ejes equivalentes de 8.2 ton.

Tabla 5.
Factor daño por tipo de vehículo.

Tipo de vehículo	Factor de daño (FD)	
	Vacío	Cargado
Autos		0.0
Bus grande		1.0
C2p	0.01	1.01
C2g	0.08	2.72
C3-C4	0.24	3.72
C5	0.25	4.88
>C5	0.26	5.23

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

- Tránsito en el carril de diseño en función del ancho de la calzada: se debe tener en cuenta para el cálculo del diseño el Factor direccional (Fd), a continuación, se indica el factor direccional (Fd) por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada.

Tabla 6.
Tránsito por adoptar para el diseño según el ancho de la calzada.

Ancho de la calzada	Tránsito de diseño	Fd
Menos de 5 metros	Total en los dos sentidos	1.0
Igual o mayor de 5 metros y menor de 6 metros	$\frac{3}{4}$ del total en los dos sentidos	0.75
Igual o mayor de 6 metros	$\frac{1}{2}$ del total en los dos sentidos	0.50

Nota fuente: Libro ingeniería de pavimentos para carreteras.

- Tránsito acumulado en ejes equivalentes de 8.2 ton, en el carril de diseño durante el periodo de diseño.

2.4.5. Diseño geométrico de vías. Se define como el proceso de correlación entre sus elementos físicos y las características de operación de los vehículos, mediante el uso racional de las matemáticas, la física y la geometría. En este sentido, se puede decir que la carretera queda geoméricamente definida por el trazado de su eje en planta y en perfil y por el trazado de su sección transversal. (Grisales, 2013).

Según el autor (Ospina, 2002) afirma que el diseño geométrico de vías es la parte más significativa en un proyecto de carretera el cual a partir de diferentes elementos y factores como lo pueden ser internos y externos, se logra obtener una óptima configuración definitiva que satisfaga aspectos de gran importancia como lo son:

- Seguridad: se considera como el factor clave en el diseño geométrico de una vía, en el cual la carretera debe ser lo más simple y uniforme posible, pues en cuanto a lo que se refiere a señalización y visibilidad debe ser lo suficiente mente adecuada, evitando de esta manera ocasionar riesgos en los usuarios que transiten por ella.
- Comodidad: De igual forma que la seguridad, la comodidad se logra obtener al poseer diseños simples y uniformes pues esto disminuye cambios abruptos en velocidad y aceleración, es de esta manera como se logra brindar al usuario un estado de confort a lo largo del trayecto.
- Funcionalidad: Es todo lo relacionado a brindar una buena movilidad aquellos vehículos que transitan una vía, permitiendo circular a velocidades adecuadas. Cabe destacar que para la

determinación de la funcionalidad de una vía debe realizarse un exhaustivo estudio en; tipo de vía, capacidad, propiedades de tránsito al igual que composición vehicular.

- **Economía.** En cuanto a lo que se refiere en costos se debe tener en cuenta costos tanto de ejecución como de operación. De esta manera debe encontrarse un equilibrio en aspectos tales como técnicos, económicos y ambientales del proyecto.

2.4.5.1. Controles a considerar en el diseño geométrico. Para la determinación de un óptimo diseño geométrico (INVIAS, 2008) recomienda tener en cuenta parámetros de vital importancia para el buen estudio del mismo, estos son:

Velocidad de diseño:

- **Criterios generales para establecer la consistencia de la velocidad a lo largo del trazado de la carretera:** La asignación de una velocidad de diseño debe primar en pro de la seguridad de los usuarios. Es así como la velocidad de diseño a lo largo del trayecto debe brindar una máxima seguridad en cuanto a ser sorprendidos por cambios inesperados de velocidades.

Para garantizar estabilidad en la velocidad, principalmente el ingeniero debe realizar estudios en el total del trayecto donde se ejecutara dicho proyecto, para así asignar una velocidad adecuada en cada uno de los tramos homogéneos. De esta manera la velocidad de diseño del tramo homogéneo (VTR), es la base fundamental para definir características de los elementos geométricos que incluye dicho tramo.

Así mismo para la identificación de los tramos homogéneos y la colocación de su respectiva velocidad de diseño (VTR) el manual de diseño geométrico de carreteras recomienda atender los siguientes criterios:

- Se recomienda que la longitud mínima en un tramo de carretera con una velocidad de diseño dada debe ser de tres (3) kilómetros para velocidades entre veinte y cincuenta kilómetros por hora (20 y 50 km/h) y de cuatro (4) kilómetros para velocidades entre sesenta y ciento diez kilómetros por hora (60 y 110 km/h)
- La diferencia de la velocidad de diseño entre tramos adyacentes no puede ser mayor a veinte kilómetros por hora (20 km/h).
- Velocidad de Diseño del tramo homogéneo (VTR): Para determinar dicha velocidad de diseño de un tramo homogéneo (VTR) esta se obtendrá de acuerdo a la categoría de la carretera y del tipo de terreno. En la siguiente tabla se muestra de forma detallada el mejor nivel de servicio que se ofrece en las carreteras colombianas a los usuarios.

Tabla 7.

Valores de la velocidad de diseño por tramos homogéneos.

CATEGORÍA DE LA CARRETERA	TIPO DE TERRENO	VELOCIDAD DE DISEÑO DE UN TRAMO HOMOGÉNEO VTR (KM/H)																			
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110										
Primaria de dos calzadas	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Primaria de una calzada	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Secundarias	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				
Terciaria	Plano																				
	Ondulado																				
	Montañoso																				
	Escarpado																				

Nota fuente: Manual de diseño geométrico de vías (INVIAS).

- Velocidad Específica de los elementos que integran el trazado en planta y perfil: Se refiere a todo lo relacionado con la velocidad máxima estipulada en la vía, de esta manera se toman ciertas precauciones con el fin de prevenir posibles accidentes por aquellos conductores indisciplinados que no hacen caso omiso a todas aquellas restricciones propuestas en el trayecto de la vía. Por tanto es de gran ayuda la velocidad específica para dimensionar los elementos geométricos, curvas y entre tangencias en planta y perfil

Vehículo de diseño

Para la selección del vehículo de diseño debe ser tal a la composición del tránsito la cual se obtiene a partir de un estudio de ingeniería de tránsito. Es de aclarar que la selección de esta misma afecta directamente dimensiones como: ancho de carril, calzada, radio mínimo de giro, bermas y sobre anchos. De acuerdo lo anterior se recomienda tener en cuenta ciertos parámetros como son:

- Tipos de vehículos: Para la realización del diseño geométrico en lo relacionado al vehículo de diseño, se estipulo de acuerdo al Ministerio de Transporte expedir la resolución 4100 de diciembre de 2004 en todo lo relacionado al límite de pesos y dimensiones de vehículos de transporte, la siguiente clasificación; a) Vehículos livianos con menos de 5 Ton como son automóviles, camperos y camionetas. b) Vehículos pesados con más de 5 Ton de capacidad como buses y vehículos de carga. Cabe resaltar que los vehículos livianos inciden en velocidades máximas de distancias de visibilidad de parada y distancias de visibilidad de adelantamiento, por otra parte los vehículos pesados inciden es en la pendiente longitudinal y longitud critica de la pendiente.

- Nomenclatura: En la siguiente tabla se muestran los vehículos de diseño recomendados en el manual de diseño geométrico de carreteras.

Tabla 8.

Nomenclatura para la descripción de vehículos de diseño.

Categoría	Descripción
Vehículo liviano	--
Bus mediano	--
Bus grande	--
2	Camión de dos ejes – Camión sencillo
3	Camión de tres ejes – Doble troqué
3S2	Tracto-camión de 3 ejes con semirremolque de dos ejes

Nota fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (INVIAS).

- Dimensiones y trayectorias de giro: Para obtener un buen diseño geométrico en lo relacionado a dimensiones adecuadas y trayectorias de giro el manual recomienda tener en cuenta la siguiente tabla para las diferentes categorías de vehículos.

Tabla 9.
Dimensiones principales de los vehículos de diseño.

Categoría	Longitud total (m)	Ancho (m)	Longitud Tracto-camión (m)	Longitud Semirremolque (m)
Vehículo liviano	5.00	1.80	--	--
Bus mediano	10.91	2.44	--	--
Bus grande	13.00	2.60	--	--
2	11.00	2.50	--	--
3	11.40	2.50	--	--
3S2	20.89	2.59	4.57	14.63

Nota fuente: Manual de diseño geométrico de carreteras (INVIAS).

2.4.5.2. Diseño geométrico horizontal en planta. De acuerdo al ingeniero especialista (Grisales, 2013) define el diseño geométrico en planta de una carretera, o alineamiento horizontal, como la proyección sobre un plano horizontal de su eje real o espacial, donde dicho eje horizontal está constituido por una serie de tramos rectos denominados tangentes, enlazados entre sí por curvas.

De igual manera el manual de instituto nacional de vías (INVIAS, 2008) considera que el alineamiento horizontal está constituido por alineamientos rectos, curvas circulares y curvas de grado de curvatura variable que permiten una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas circulares o viceversa o también entre dos curvas circulares de curvatura diferente. El alineamiento horizontal debe permitir una operación segura y cómoda a la velocidad de diseño.

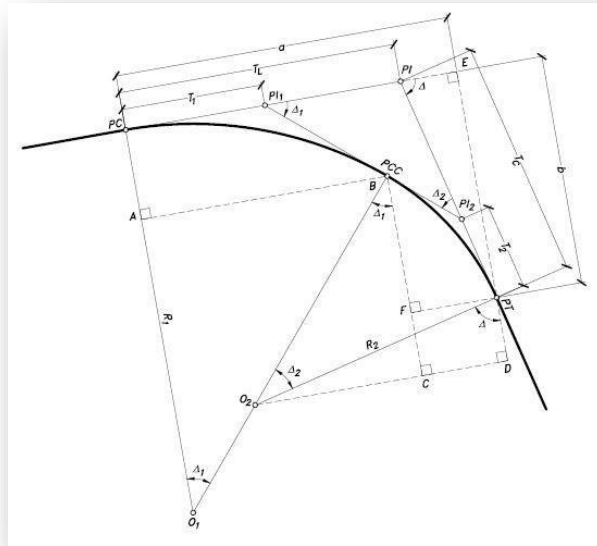


Figura 7. Curva circular compuesta de doble radio.
 Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

- Curvas espirales de transición: De acuerdo a lo anteriormente planteado por (Grisales, 2013), donde establece que el alineamiento en planta de una vía consiste en el desarrollo geométrico de la proyección de su eje sobre un plano horizontal, en el cual se conforma por tramos rectos (tangentes) enlazados con curvas (circulares simples, circulares compuestas y espirales de transición). De esta manera se debe tener presente que en nuestra actualidad es comúnmente ver proyectos con trazados convencionales donde se utiliza tramos rectos empalmados con curvas circulares simples o compuestas, lo cual hace que sea de vital importancia la utilización e implementación de las curvas espirales de transición en el diseño geométrico de carreteras.

2.4.5.3. Diseño geométrico vertical (Rasante). De acuerdo a (Grisales, 2013) define el diseño geométrico vertical como la proyección real del eje sobre una superficie vertical la cual debe estar en forma paralela al mismo. Es de esta manera como dicho paralelismo formara una proyección y arrojará la longitud real del eje de la vía. Cabe destacar que el alineamiento vertical debe ser coherente, de tal forma que los parámetros del diseño geométrico horizontal correspondan y sean consistentes con los del diseño geométrico vertical.

Por tanto, en diseño vertical se debe tener en cuenta lo siguiente:

- **Tangentes verticales:** Son aquellas que se caracterizan por su longitud y su pendiente, las cuales se encuentran por dos curvas sucesivas como se muestra a continuación.

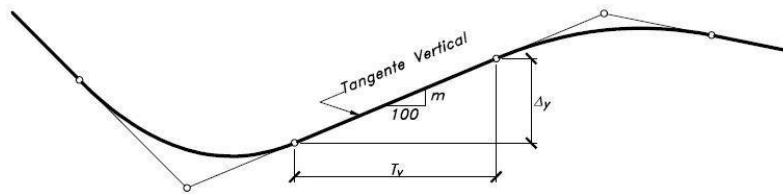


Figura 8. Tangente vertical.

Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

- **Curvas verticales:** son aquellas que permiten enlazar dos tangentes verticales consecutivas, con el objetivo que a lo largo del trayecto haya un cambio gradual de la pendiente tanto de entrada como de salida, de tal forma que para el usuario sea lo suficientemente cómoda, segura y que presente una adecuada estética.

2.4.5.4. Diseño geométrico transversal (Secciones, Áreas y Volúmenes). De acuerdo a (Grisales, 2013) el diseño geométrico transversal consiste en la definición de la ubicación al igual que de las dimensiones que conforman la carretera con relación al terreno natural. Es así que de acuerdo al diseño transversal se permite determinar la rasante, ancho futuro de la vía y la estimación de áreas y volúmenes para posibles movimientos de tierra.

A continuación, están los elementos que lo integran y hacen posible la determinación de dimensiones y ubicación de la carretera:

- Elementos geométricos que conforman la sección transversal: la sección transversal en cuanto a lo que se refiere a la parte geométrica está compuesta por el ancho de la zona, ancho de explanación, ancho de la banca, la corona, la calzada, las bermas, los carriles, las cunetas y taludes laterales. En la siguiente figura se muestra de forma detallada la composición.

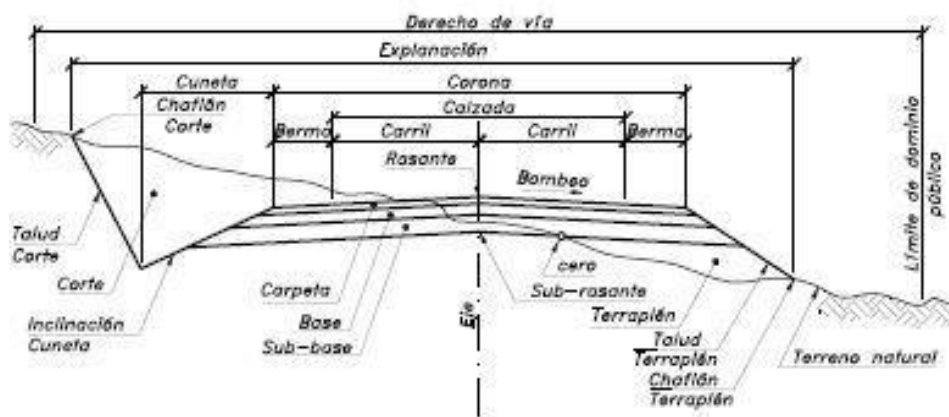


Figura 9. Sección transversal típica de una vía.
Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

Entre las partes más importantes de la vía son:

La calzada, es aquella destinada a la circulación de vehículos, la cual está compuesta por uno o más carriles que pueden ser en uno o varios sentidos. Los anchos de carril normalmente utilizados son de 3.00 m, 3.30m, 3.50 y 3.65m. En la Tabla 10 se dan a conocer los anchos de calzada recomendados por INVIAS de acuerdo al tipo de terreno y la velocidad de diseño.

Siguiente a la calzada se encuentran las bermas, estas sirven de confinamiento lateral de la superficie de rodamiento, controlan la humedad y las posibles erosiones de la calzada. De igual manera se le puede dar el uso para estacionamiento provisional y para brindar la suficiente seguridad a los usuarios que transiten dicha vía el cual evitara de forma eficiente accidentes o disminuir la severidad de la misma. En la tabla se muestran los anchos de berma recomendados por INVIAS de acuerdo al tipo de carretera, tipo de terreno y la velocidad de diseño.

Tabla 10.
Anchos recomendados de calzada en recta.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo Vtr (Km/h)									
		20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano							7.3	7.3	7.3	7.3
	Ondulado							7.3	7.3	7.3	7.3
	Montañoso						7.3	7.3	7.3	7.3	
	Escarpado						7.3	7.3	7.3		
Primaria de una calzada	Plano							7.3	7.3	7.3	
	Ondulado						7.3	7.3	7.3	7.3	
	Montañoso					7.3	7.3	7.3	7.3		
Secundaria	Escarpado					7.0	7.0	7.0			
	Plano					7.3	7.3	7.3			
	Ondulado				7.0	7.3	7.3	7.3			
	Montañoso			6.6	7.0	7.0	7.0				
Terciaria	Escarpado			6.0	6.6	7.0					
	Plano			6.0							
	Ondulado		6.0	6.0							
	Montañoso		6.0	6.0							
	Escarpado	6.0									

Nota fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de diseño geométrico de carreteras.

Tabla 11.
Anchos recomendados de bermas.

Tipo de carretera	Tipo de terreno	Velocidad de diseño de un tramo homogéneo Vtr (Km/h)										
		0	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	Plano								2.5	2.5	2.5	2.5
	Ondulado								2.0	2.0	2.0	2.0
	Montañoso						1.8	1.8	1.8	2.0		
	Escarpado						1.8	1.8	1.8			
Primaria de una calzada	Plano								2.0	2.0	2.5	
	Ondulado						1.8	2.0	2.0	2.5		
	Montañoso					1.5	1.5	1.8	1.8			
	Escarpado					1.5	1.5	1.8				
Secundaria	Plano						1.0	1.5	1.8			
	Ondulado					1.0	1.0	1.5	1.8			
	Montañoso			0.5	0.5	1.0	1.0					
	Escarpado			0.5	0.5	0.5						
Terciaria	Plano						1.0					
	Ondulado			0.5	1.0							
	Montañoso	.5		.5	.5							
	Escarpado	0	.5	.5								

Nota fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de diseño geométrico de carreteras.

Por último se debe tener en cuenta que la calzada tiene cierta pendiente transversal (Bombeo) que va en dirección del eje hacia los bordes laterales, con el objeto de evacuar las aguas lluvias hacia las bermas y cunetas. En la siguiente tabla se suministra la información necesaria, en función de superficie de rodadura.

Tabla 12.
Valores recomendados para el bombeo.

	Tipo de superficie de rodadura	Bombeo (%)
Muy buena	En concreto hidráulico o asfáltico, colocada mecánicamente.	2
Buena	En mezcla asfáltica, colocada con terminadora. Carpeta de riegos.	2-3
Regular a mala	Superficie de tierra o grava.	2-4

Nota fuente: Instituto Nacional de Vías. Manual de diseño geométrico de carreteras.

- Sobre anchos en las curvas: se presenta en casos donde vehículos circulan por una curva horizontal, ocupando así un ancho de calzada mayor que en la recta. Esto se presenta a que el

vehículo es lo suficientemente rígido y por el dimensionamiento del mismo, ocasionando dificultad a los conductores para mantener el vehículo en eje del carril correspondiente.

Es por esta razón que surge la necesidad de sobre anchos en las curvas con el propósito de que las condiciones de operación de los vehículos sean lo más similares a los de las rectas, es así que la calzada en estos puntos debe ensancharse, con la finalidad de proporcionar espacios libres entre el vehículo y la calzada.

A continuación, se representa de mejor manera el sobre ancho que debe presentar la carretera:

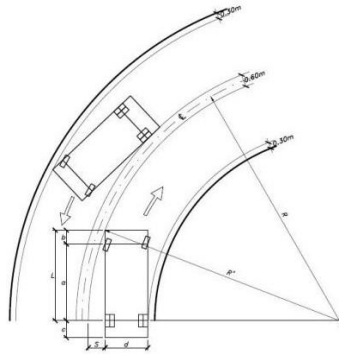


Figura 10. Sobre ancho en las curvas.

Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

- Secciones transversales típicas: se presentan dependiendo el terreno o topografía, en el cual predominara una sección transversal determinada según el diseño de la misma. Estos tipos de secciones transversales pueden ser en corte (excavación), en terraplén (relleno) y mixtas (a media ladera). En la siguiente figura se muestra cada uno de estos tipos de secciones:

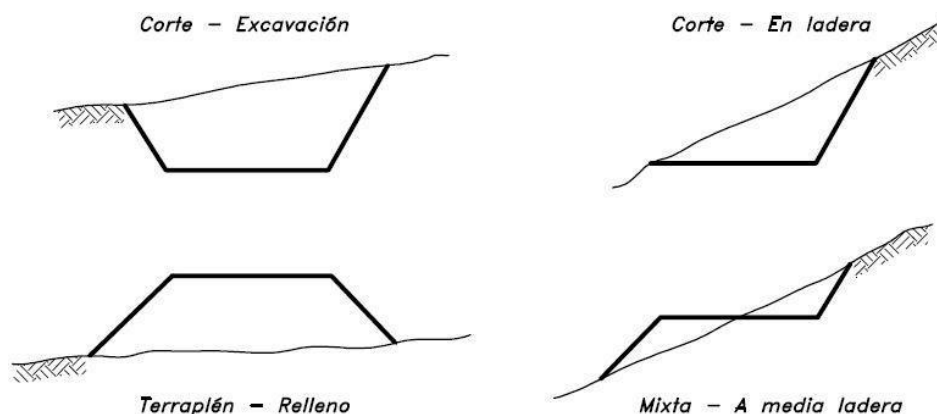


Figura 11. Secciones transversales típicas.

Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

- Anchos de banca: en cuanto a lo que se refiere al ancho de banca geoméricamente este depende principalmente de ancho de carril, ancho de bermas, espesor del pavimento, de valor del bombeo o del peralte en curvas, de la pendiente transversal de las cunetas y del valor de los taludes en terraplén. En el cálculo del ancho de banca, es posible presentarse los siguientes casos básicos; en recta y en corte, en recta y en terraplén, en curva y en corte, en curva y en terraplén, en recta y sección mixta.

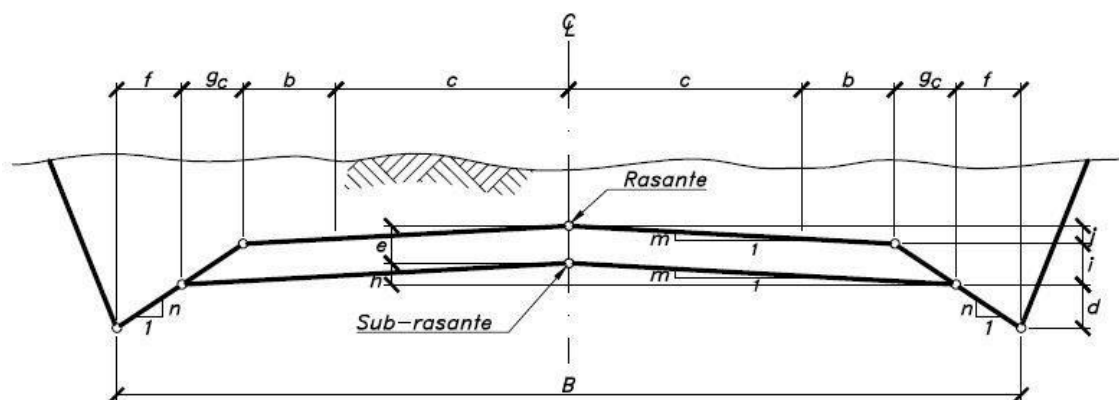


Figura 12. Ancho de banca en recta y en corte.

Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

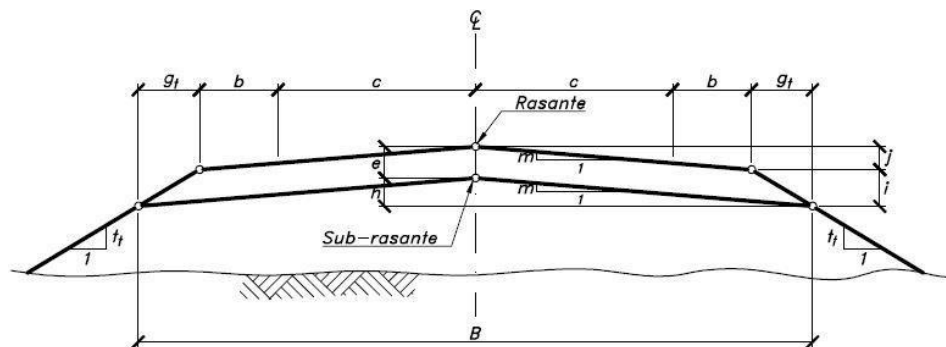


Figura 13. Ancho de banca en recta y en terraplén.
Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

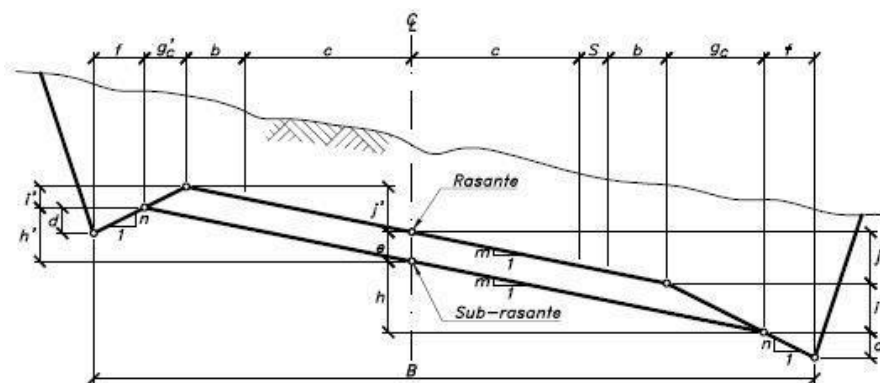


Figura 14. Ancho de banca en curva y en corte.
Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

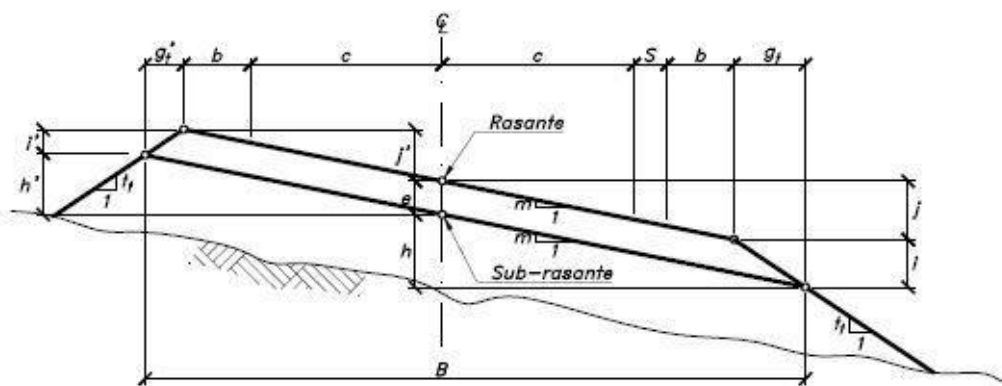


Figura 15. Ancho de banca en curva y en terraplén.
Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

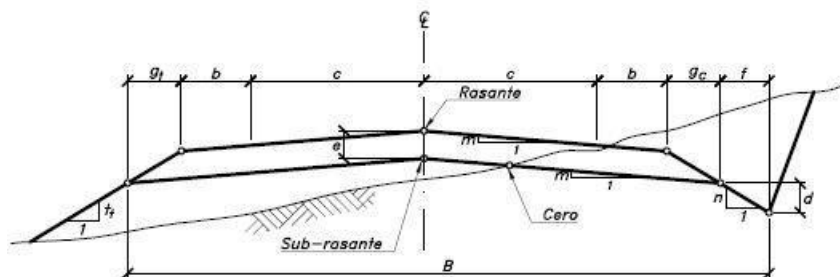


Figura 16. Ancho de banca en recta y sección mixta.
 Nota fuente: Diseño geométrico de carreteras, Segunda edición.

2.4.6. Ensayo California Bearing Ratio (CBR). Según la (Universidad Católica de Valparaíso, 2001) considera que el objeto por el cual se realiza dicho laboratorio es el determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, en donde somete a ciertos procedimientos como el de humedad óptima y el de niveles de compactación variables. De esta manera el ensayo mide la resistencia al cortante (punzonamiento) de cierto material extraído con condiciones de humedad y densidad controlada por el laboratorista, permitiendo de esta forma obtener un porcentaje de relación de soporte.

De acuerdo a lo anterior el CBR es igual a:

$$CBR = \frac{P_{0.1} \text{ (Suelo compactado)}}{P_{0.1} \text{ (Suelo estándar)}} \times 100$$

En la realización del ensayo CBR se realizara para cada muestra preparada una gráfica donde se relacionara el esfuerzo vs penetración del pistón y calculando así el valor de CBR para penetración de 0.1'' (2.5mm) y 0.2'' (5mm) de acuerdo a las siguientes expresiones:

$$\text{Índice CBR}_{0.1''} = \frac{\text{C}_{0.1''}}{1000 \text{ C}_{0.1''}} \times 100$$

$$\text{Índice CBR}_{0.2''} = \frac{\text{C}_{0.2''}}{1000 \text{ C}_{0.2''}} \times 100$$

Los valores de índice de CBR oscilan entre 0 y 100. De tal forma entre mayor sea su valor, mejor será la capacidad portante del material. En la siguiente tabla se muestra la clasificación y los usos de dicho suelo.

Tabla 13.

Clasificación y usos del suelo de acuerdo a los valores de CBR.

Cbr	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2-5	Muy mala	Sub-rasante
5-8	Mala	Sub-rasante
8-20	Regular-Buena	Sub-rasante
20-30	Excelente	Sub-rasante
30-60	Buena	Sub-base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Nota fuente: manual diseño de pavimentos flexibles y rígidos.

2.5. Marco legal.

De acuerdo a lo relacionado con las normas que rigen el adecuado funcionamiento en cuanto a lo que se refiere a la ingeniería civil y para ser más precisos en rediseños viales se debe cumplir a cabalidad las siguientes resoluciones tales como:

Resolución número 1375 de 2014. Por la cual se actualizan las Normas de Ensayo de Materiales para Carreteras.

Resolución número 1376 De 2014. Por la cual se actualizan las Especificaciones Generales de Construcción para Carreteras.

Resolución Número 7106 De 2009. Por la cual se adopta la guía de manejo ambiental de proyectos de infraestructura – subsector vial – como instrumento de autogestión y autorregulación.

Resolución Número 1376 De 2014. Por la cual se actualiza el manual de diseño geométrico para carreteras.

Resolución Número 0744 De 2009. Por la cual se adopta el manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías de bajo volúmenes de tránsito.

Resolución Número 3482 De 2007. Se adopta el manual de drenaje para carreteras

Capítulo 3: Diseño metodológico.

3.1. Diseño Metodológico.

El diseño metodológico del presente proyecto se enmarcará bajo un paradigma socio crítico basado en investigación acción, con metodologías propuestas por el instituto nacional de vías del país estableciendo parámetros y sirviendo como guía para el buen cumplimiento de los objetivos.

3.2. Población y Muestra.

La población enmarcada dentro de este proyecto son personas que combinan las formas de vida del sector rural y urbano con un bajo nivel de vida, a los cuales se les debe garantizar una infraestructura vial en buenas condiciones que facilite el intercambio de sus productos y el turismo en la región. Los Municipios que se benefician directamente de esta vía son: Municipio de la Playa de Belén, Municipio de Hacari, así mismo veredas y corregimientos vecinos como lo son Aspasica, La Vega de San Antonio y veredas circundantes, entre otras, que sumadas entre si son aproximadamente 2000 personas de acuerdo a estadísticas arrojadas por el DANE. Debido a que se trata de una población lo suficientemente significativa se aplicará la siguiente fórmula estadística para la extracción de un grupo representativo el cual será objeto de estudio.

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{Z^2 (n - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde n = tamaño de la muestra.

N = tamaño de la población.

σ = Desviación estándar de la población (0.5).

$t_{\alpha/2}$ = Nivel de confianza con un porcentaje del 95% equivale a un valor de 1.64.

e = Limite aceptable de error muestra 1% - 9%. Por criterio será 5 %.

De acuerdo a lo anterior y reemplazando valores en la formula obtenemos:

$$n = \frac{2000 * 0.5^2 * 1.64^2}{0.05^2(2000 - 1) + 0.5^2 * 1.64^2}$$

$$n = 237.18$$

Por tanto el total del tamaño de la muestra a encuestar será de 237 personas, las cuales representaran el total de la población beneficiada.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de información.

Dentro del desarrollo investigativo del proyecto se tendrá en cuenta una serie de parámetros normativos que ayudaran a la realización del mismo bajo estándares de calidad Teniendo como base los manuales de las diferentes entidades estatales que existen en el país entre los cuales están:

- Manual de diseño geométrico del Instituto Nacional de Vías (INVIAS).
- Manual de diseño (AASTHO).
- Especificaciones generales de construcción de carreteras (INVIAS).

- Reglamento técnico general de obras viales. Tomo 6 (INVIAS).
- Manual de estabilidad de taludes (INVIAS).

Se realizarán además encuestas a los pobladores de la región que transitan diariamente por la zona de estudio, con el fin de conocer su opinión frente a las problemáticas viales que se presentan actualmente, con relación a las afectaciones en el transporte de alimentos resultado de producciones agrícolas, y lo relacionado con las partículas contaminantes en el aire en consecuencia de la salud de los pobladores.

3.4. Análisis de información.

La información recolectada de las encuestas a los pobladores será analizada a través de la problemática expuesta por la comunidad con lo cual se establecerán valores estadísticos que demuestren la necesidad de un diseño geométrico para su construcción y posterior pavimentación.

Es así que para el análisis del diagnóstico de la red vial y posterior rediseño de la carretera se deberá analizar cada tramo en la zona de estudio de manera detallada con el fin de determinar los posibles daños presentes en la vía y plantear soluciones en cada tramo donde se requiera, todo esto basado mediante una inspección visual minuciosa y mediante información de manuales expuestos por el INVIAS que ayudaran notoriamente en la obtención de una información verídica.

Las muestras de suelo obtenidas en campo se analizarán mediante pruebas de laboratorio con el fin de obtener los parámetros necesarios, para el diseño del pavimento, de esta manera (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) plantea que es necesario realizar una serie de ensayos a la carretera en estudio con el fin de poder realizar un óptimo diseño en el pavimento que cumpla satisfactoriamente la demanda que se requiere.

Capítulo 4. Presentación de resultados.

4.1. Elaborar un diagnóstico de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspasica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000. Utilizando el software de información geográfica ArcGis 10.3 basados en los manuales de INVIAS.

En la actualidad es de suma importancia contar con vías en excelente estado, con el fin de brindar un fácil desplazamiento de personas, animales u objetos desde un lugar origen hacia un lugar de destino de manera rápida, eficaz y segura. Para lograr este propósito es necesario mantener en óptimas condiciones cada uno de los elementos que componen la estructural vial y verificar su correcto funcionamiento.

El diagnóstico realizado permitió evaluar todos los componentes actuales de la vía, su respectivo funcionamiento y la carencia de elementos indispensables en la zona de estudio, además de la caracterización, generalidades y composición de la misma:

4.1.1. Descripción de la zona de estudio.

4.1.1.1. Clasificación de la vía de acuerdo a su funcionalidad. Según el (INVIAS, 2008), la Zona de estudio corresponde a una vía terciaria, debido a que esta carretera proviene desde el Municipio de La Playa y conecta con el corregimiento de Aspásica.

4.1.1.2. Clasificación de la vía de acuerdo al tipo de terreno. La topografía realizada en la zona muestra pendientes transversales al eje de la vía comprendida entre (15° - 30°) y pendientes longitudinales entre (6% - 8%), teniendo en cuenta lo establecido por él (INVIAS, 2008) se encuentra clasificada en un tipo de terreno montañoso, lo que define a la vía como una combinación de alineamientos horizontales y verticales, que obliga a los vehículos pesados a conducir con bajas velocidades, en largos trayectos, repetitivamente.

4.1.1.3. Geología de la zona. Según los estudios realizados las formaciones rocosas correspondientes al Municipio de La Playa se formaron a partir de la orogénea sucedida en el oligoceno hasta principios del mioceno, que levanto y plegó la cordillera oriental y la serranía del Perijá (CORPONOR, 2000). Los estratos rocosos se caracterizan por una mezcla de materiales de diferentes tipos y génesis cuyas edades varían desde el Pre-Devónico al reciente (408 a 2 millones de años), e incluyen afloramientos de rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. De esta manera se presenta a continuación algunas de las formaciones más importantes que son:

Formación silgara (Pos): Aflora desde el centro del pueblo hacia el oriente del municipio, la cual está conformada por filitas verdes y rojizas, filitas calcáreas y esquistos además de cuarcitas y metalimolitas.

Formación Girón (Jg): Yace sobre las rocas a la formación algodonal, la cual está compuesta por areniscas de grano fino de textura roja, conglomerados blancos y limolitas rojas.

Formación algodonal (Tpa): Aflora sobre la cuenca de la quebrada El Playón, constituida principalmente por consolidados con intercalaciones de arcilla gris verdosa y arenisca gris clara.

4.1.2. Descripción actual de la vía.

Teniendo en cuenta las visitas en campo realizadas por los investigadores se evidenció que la vía presenta deficiencias en cuanto a los parámetros más importantes que se deben tener presente para su correcto funcionamiento. Esto ocasiona que la vía se encuentre en un pésimo estado, dichas deficiencias comprenden:

4.1.2.1. *Ausencia de sistemas de drenaje en algunos tramos de la vía.* Durante el recorrido de la vía en estudio se pudo apreciar que en la gran mayoría de los tramos no existe un sistema de drenaje (cuneta) que permita el transporte del agua hacia la alcantarilla (ver figura 17), que evite la filtración del líquido a la rasante que pueda ocasionar deterioro de la misma, también se pudo observar que en los pocos tramos que existen estas cunetas no están cumpliendo la respectiva funcionalidad destinada por la falta de su debido mantenimiento, están cubiertas de vegetación, de volúmenes considerables de tierra, o han perdido sus pendientes laterales, lo que causa que se impida el paso normal de agua, perdiendo todas las capacidades (Ver figura 18, 19 y 20), y aunque existan no cumplen su función, produciendo el deterioro a la capa de rodadura de la vía, según (INVIAS, 2006) a este tipo de falla se le conoce como obstrucción (obs): consiste en el depósito de sedimentos que generan un estancamiento del agua. Esta patología está relacionada con la velocidad de flujo en la cuneta, por depositación de materiales provenientes de taludes adyacentes a la cuneta, y se clasifica en 3 (tres) severidades, baja con menos del 1% de la sección obstruida, media cuando la cuneta se encuentra obstruida en un 30% de su sección, y alta cuando la cuneta presenta obstrucción en más del 30% de su sección transversal.



Figura 17. Ausencia Total de cunetas (Tramo: PR22+950-PR23+000)
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017



Figura 18. Cuneta con Obstrucción de severidad alta (Tramo: PR22+200-PR22+250)
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 19. Cuneta con Obstrucción de severidad alta (Tramo: PR22+800-PR22+850)
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 20. Cuneta con presencia de Vegetación (Tramo: PR22+200-PR22+250)
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

El terreno donde se encuentra actualmente funcionando la vía se compone de secciones con moderadas pendientes que facilitan el proceso de recolección, transporte y evacuación de aguas, existen tramos que tienden a tener pendientes menos pronunciadas, donde este proceso se torna más complejo, requiere mayor cuidado y necesita medidas que eviten los problemas que trae consigo este tipo de situación, como por ejemplo el represamiento del líquido, como podemos observar en el tramo (PR21+850 – PR 21+950) (Ver figura 21). Donde a pesar de existir un sistema de recolección transversal de aguas, (Alcantarilla) a escasos metros, el líquido se queda estancando en la cuneta debido a no tener una pendiente adecuada que permita a esta desplazarse para después ser evacuada satisfactoriamente.



Figura 21. Cuneta con Estancamiento de agua (Tramo: PR21+950-PR22+000).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Este trayecto cuenta con algunos drenajes transversales de carreteras (Alcantarillas), no son suficientes para garantizar la evacuación total del agua proveniente tanto de los taludes laterales

de la carretera como de las cunetas que conducen este líquido hasta estos puntos. Se pueden encontrar tramos con pendientes totalmente horizontales, que necesitan de manera urgente una obra de este tipo, debido a la dificultad para transportar el agua. Problema que nace por la imposibilidad de crear pendientes en el terreno que faciliten este proceso, algunos ejemplos de estos son: Los Tramos comprendidos entre, PR20+150 – PR20+300 y PR22+750 y PR22+850, (Ver figuras 22 y 23) donde se requiere una obra de este tipo de drenaje para la disposición final del agua.



Figura 22. Tramo que requiere sistema de drenaje transversal, Alcantarilla (Tramo: PR20+150-PR20+300).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

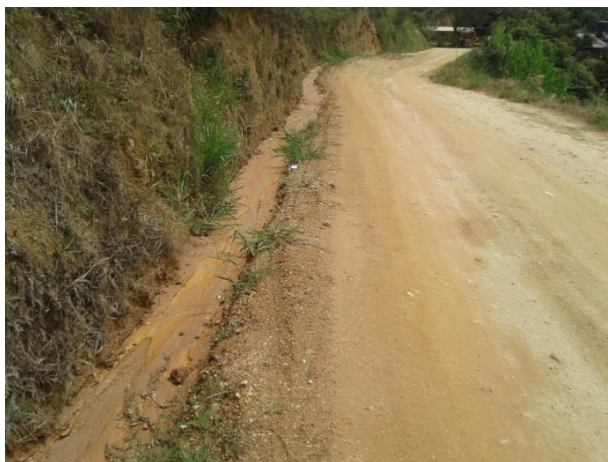


Figura 23. Tramo que requiere sistema de drenaje transversal, Alcantarilla (Tramo: PR22+750-PR22+850).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Del número limitado de alcantarillas existentes en los tramos estudiados, se pudo encontrar que la gran mayoría de estas no está cumpliendo la funcionalidad esperada debido a su deterioro, o la falta de mantenimiento pertinente por parte de las autoridades competentes, esto ocasiona que no se pueda evacuar el agua anteriormente recogida mediante las cunetas, generando daños a la vía. En las figura 24 y 25, se pueden observar unos ejemplos de ello.



Figura 24. Alcantarilla Obstruida por materiales externos. PR20+390
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 25. Alcantarilla Obstruida por materiales externos. PR19+420
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017

Aunque este descuido existe en la mayor parte de estos sistemas de drenaje transversales, hay algunas excepciones donde por factores externos unas alcantarillas se sometieron a algunos mantenimientos y funcionan a cabalidad, se puede observar la calidad de la vía en estos tramos.



Figura 26. Alcantarilla en buen estado. PR21+780
Nota fuente: Autores, 2017.

En las estructuras mencionadas, se pudo apreciar la construcción de una caja de concreto para alcantarilla “Box Culvert” en el PR19+605 (Ver figuras 27 y 28), que cumple la función de evacuar grandes cantidades de agua, mientras estabiliza el talud lateral de la calzada. Esta obra cuyas especificaciones técnicas están en la (NTC, 2009), el cual lo define como, “Secciones rectangulares de concreto reforzado “Box Culvert”, para alcantarillados de aguas lluvias y aguas servidas”. Menciona los parámetros de diseño y sus capacidades estructurales.



Figura 27. Box Culvert (salida lateral del agua). PR19+605
Nota fuente: Autores, 2017.



Figura 28. Box Culvert (entrada lateral del agua). PR19+605
Nota fuente: Autores, 2017.

Esta obra de drenaje cuenta con un muro de contención, paralelo a la calzada de la vía, con una longitud de 12 metros, una altura de 7 metros y un espesor de 0,35 metros, con su respectivo acero de refuerzo, de acuerdo al diseño del mismo. La dimensiones internas de la alcantarilla con su sección en forma rectangular son de 1,20 metros de ancho por 1,80 m de altura, además de contar con unas gradas disipadoras de energía con 0,30 metros de ancho, 1 metro de huella, y 1 metro de contrahuella (Ver figura 29), que entrega con menos energía el agua al final del “Box Culvert”.



Figura 29. Box Culvert (Gradas disipadoras de energía). PR19+605
Nota fuente: Autores, 2017.

A continuación mediante el Software ArcGis 10.3 se geo-referencio las obras de artes existentes en el tramo de estudio, tales como alcantarillas y box-culvert.

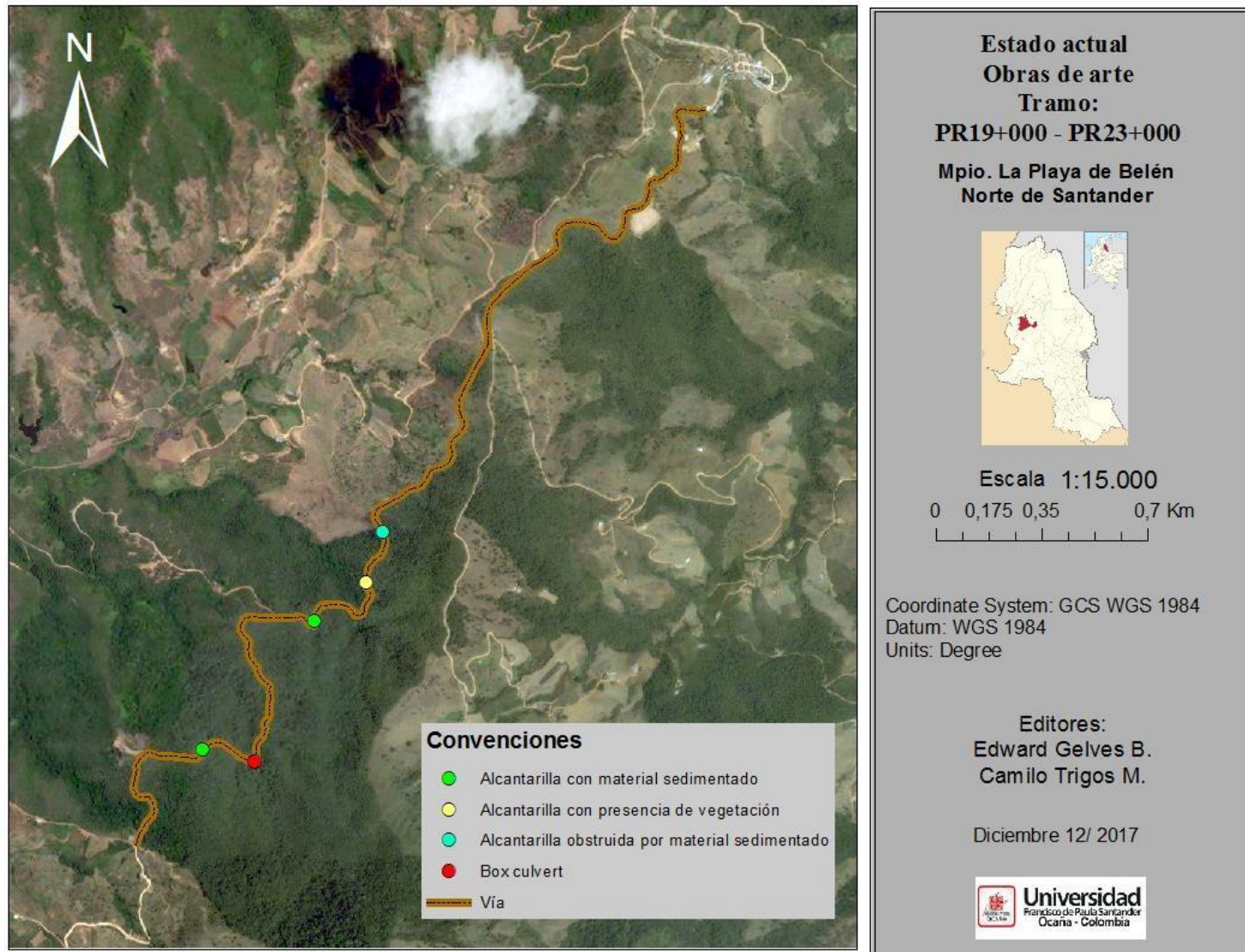


Figura 30. Geo-referencia de obras de arte presentes en la zona de estudio mediante el SW ArcGis 10.3.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2107.

4.1.2.2. *Inexistencia de obras de arte, en puntos críticos:* Se pudo observar que este tramo de vía esta acondicionada al relieve del terreno montañoso de la zona, pues pertenece a la cordillera nororiental de país, hecho que genera que el trazado de la carretera no pueda establecerse de manera horizontal, pues serian demasiado grandes los movimientos de tierra necesarios para lograrlo. Entonces se procedió a tomar una vía con tendencias a tramos horizontales, con presencia de curvas cerradas, acoplándose a las cotas del nivel real del terreno. Según (Grisales, 2013) esta metodología conocida como “Trazado de una línea de pendiente uniforme a partir de un origen sin especificar destino.” Establece la mejor ruta para la vía sin requerir grandes movimientos de tierra, sin grandes gastos y facilidad para su realización.

A partir de este diseño se obtuvo un solución económica para el trazado de la vía, facilitando la continuidad, comodidad y seguridad de los beneficiarios de la misma.

La solución conllevó en muchas puntos a que la carretera quedara sobre zonas con laderas, propensas a deslizamientos, que ocasionan que el terraplén donde está situado la misma de desestabilice y falle, dañando la estructura de la vía, dificultando las operaciones de transporte. Es en estos puntos donde se hace indispensable la realización de obras que estabilicen el terreno natural propenso a deslizamientos, como los muros de contención. Se pueden encontrar claros ejemplos de ello en los siguientes puntos (PR22+510, PR22+730), (Ver figura 30 y 31). Donde se ha perdido la estructura de la vía, y se requiere la construcción de estas obras civiles.



Figura 31. Punto crítico, Con necesidad de construcción de muro de contención PR22+510.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 32. Punto crítico, Con necesidad de construcción de muro de contención (PR22+730).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Pese a que en estos puntos no existe esta estructura que cumpla la función de contener el terraplén que compone la carpeta de rodadura de la vía, en el (PR20+640) está construido un muro que cumple esta función, combinado con un drenaje transversal de carreteras (alcantarilla). Este muro cuenta con las siguientes dimensiones: longitud de 10 metros, altura de 4.5 metros y un espesor de 0.35 metros, con su respectivo acero de refuerzo de acuerdo al diseño del mismo (Ver figura 33). En este tramo vial se pudo observar las óptimas condiciones de la vía, gracias al aporte de esta estructura, donde antes de su construcción se presentaban muchos problemas y por ende se dificultaban las operaciones de movilidad.



Figura 33. Muro de contención; Con alcantarilla (PR20+600).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

4.1.2.3. **Falta de Señalización vertical y horizontal en todo el tramo vial:** Sabiendo que la seguridad vial es uno de los principales factores que se deben tener en cuenta al momento de diseñar una vía, pues en ningún momento se puede poner en riesgo la integridad física de quien utiliza este medio para transportarse, sino velar por su protección en todo momento. Para lograr este propósito es estrictamente necesario advertir, concientizar, orientar e informar al conductor y a los peatones que por dicho tramo van a transitar, y esto solo es posible a través de la señalización vial, tanto perpendicular al eje de la vía (señalización vertical) cuya función según el Manual de Señalización Vial (MinTransporte, 2015) es reglamentar las limitaciones, prohibiciones o restricciones, advertir de peligros, informar acerca de rutas, direcciones, destinos y sitios de interés y que se divide en 4 subgrupos:

Señales Reglamentarias: tienen por finalidad notificar a los usuarios de las vías las prioridades en el uso de las mismas, así como las prohibiciones, restricciones, obligaciones y autorizaciones existentes. Su transgresión constituye infracción a las normas del tránsito.



Figura 34. Señal Reglamentaria de Tránsito SR-01 PARE
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Señales Preventivas: su propósito es advertir a los usuarios sobre la existencia y naturaleza de riesgos y/o situaciones imprevistas presentes en la vía o en sus zonas adyacentes, ya sea en forma permanente o temporal. Estas señales suelen denominarse también Advertencia de Peligro.



Figura 35. Señal Preventiva de Transito N° SP-02 Curva cerrada a la derecha.
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Señales Informativas: tienen como propósito guiar a los usuarios y entregarles la información necesaria para que puedan llegar a sus destinos de la forma más segura, simple y directa posible. También informan acerca de distancias a ciudades y localidades, kilometrajes de rutas, nombres de calles, lugares de interés turístico, servicios al usuario, entre otros.



Figura 36. Señal Informativa de Transito N° SI-01 – Ruta nacional
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Señales Transitorias: modifican transitoriamente el régimen normal de utilización de la vía. Pueden ser estáticas o dinámicas, indicando mensajes reglamentarios, preventivos o informativos. Ambas se caracterizan por entregar mensajes que tienen aplicación acotada en el tiempo, siendo las segundas –también denominadas señales de mensaje variable– capaces de entregarlo en tiempo real.



Figura 37. Señal Transitoria de Transito N° SI-07 Sitio de parqueo.
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Junto a las señales verticales de transito esta la (señalización horizontal o demarcaciones), que según (MinTransporte, 2015) corresponde a la aplicación de marcas viales conformadas por líneas, flechas, símbolos y letras que se adhieren sobre el pavimento, bordillos o sardineles y estructuras de las vías de circulación o adyacentes a ellas, así como a los dispositivos que se colocan sobre la superficie de rodadura, con el fin de regular, canalizar el tránsito o indicar la presencia de obstáculos. Estas se clasifican en:

Líneas longitudinales.

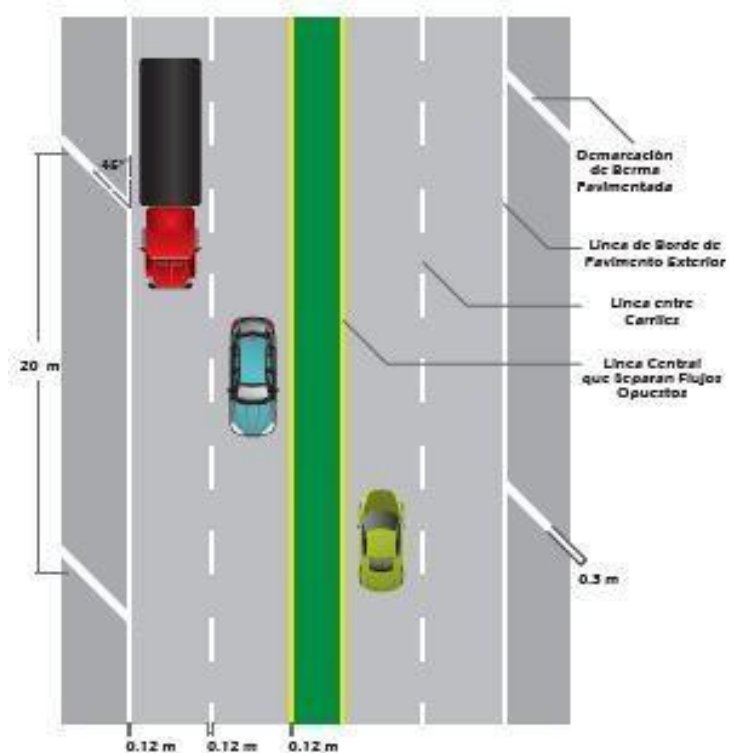


Figura 38. Señal Horizontal de Transito (Demarcación) Líneas longitudinales, Dimensiones.
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Demarcaciones de continuidad.

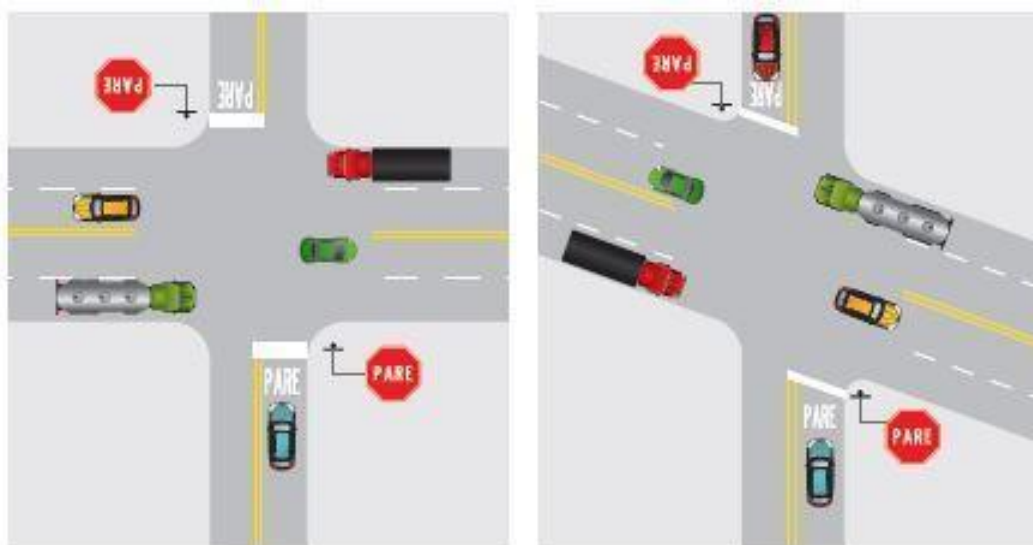


Figura 39. Señal Horizontal de Transito Demarcación de continuidad (Pare).
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Demarcaciones de cruces peatonales.

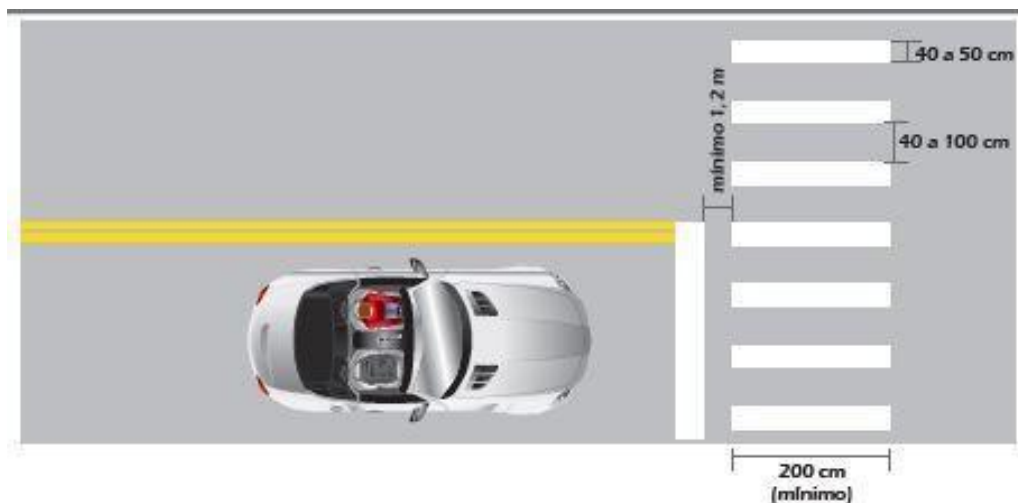


Figura 40. Señal Horizontal de Tránsito (Demarcación) Cruce peatonal tipo cebra.
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Zonas de estacionamiento.

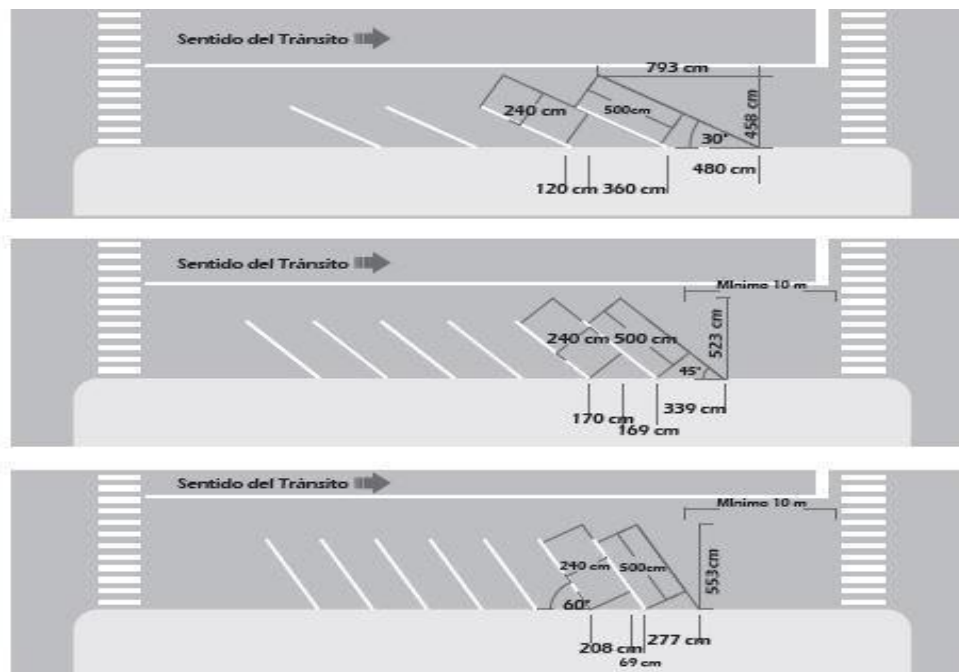


Figura 41. Señal Horizontal de Tránsito, Dimensiones baterías de estacionamiento.
Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

Flechas de señalización.

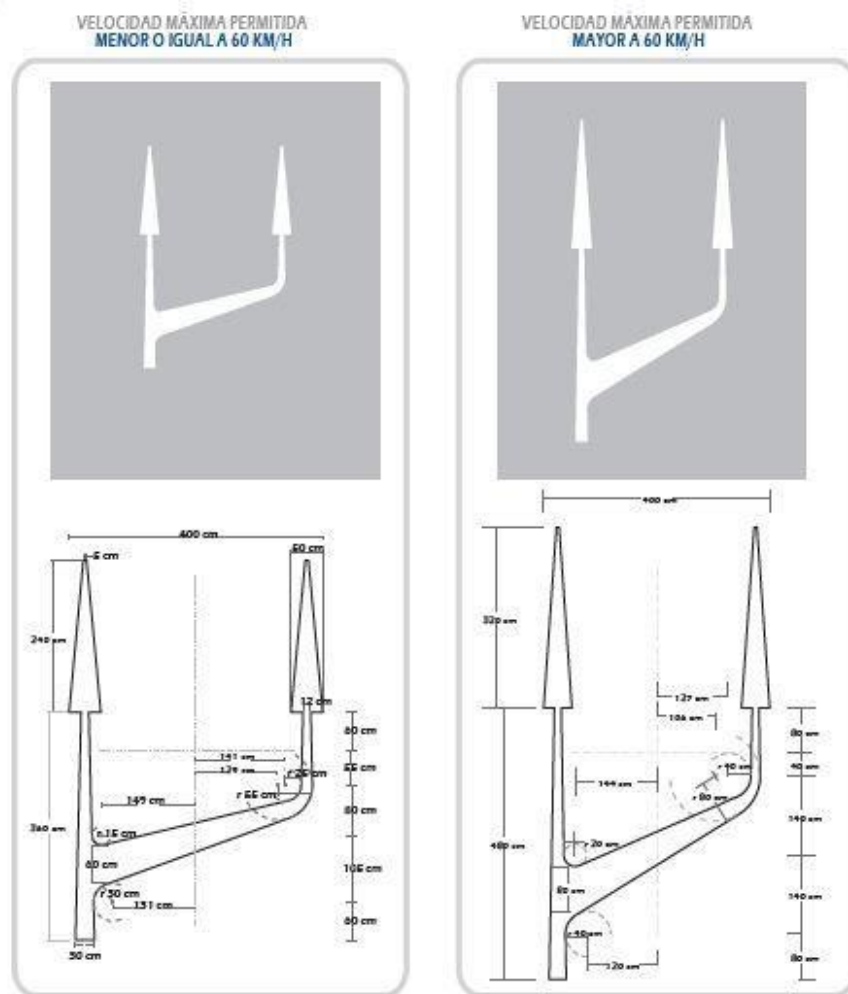


Figura 42. Señal Horizontal de Tránsito, Flechas de incorporación a carriles exclusivos.
 Nota fuente: (MinTransporte, 2015).

En el tramo vial estudiado no se encontró ningún tipo de señal de tránsito, lo que infiere los peligros existentes a la hora de transitar por este, a causa de falta de información de la misma. En el siguiente cuadro se puede apreciar los puntos de referencia ausentes de señalización y su respectiva señal necesaria.

Tabla 14.*Puntos de ausentes de señalización y respectiva señalización requerida.*





Punto de referencia	Registro fotográfico	Señalización requerida
PR19+350		 <p data-bbox="1451 737 1772 789">CURVA PRONUNCIADA A LA IZQUIERDA</p>
PR19+600		 <p data-bbox="1486 1289 1736 1341">CURVA CERRADA A LA IZQUIERDA</p>

Figura 43. Ausencia señalización, curva pronunciada a la izquierda.
 Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

Figura 44. Ausencia señalización, curva cerrada a la izquierda PR19+600
 Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR20+100



Figura 45. Ausencia de señalización, curva cerrada a la derecha.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR20+350



Figura 46. Ausencia señalización, curva cerrada a la izquierda PR20+350.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR20+505



Figura 47. Ausencia señalización, curva pronunciada a la derecha.
Nota fuente: Autores, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR20+660



Figura 48. Ausencia señalización, zonda de curvas.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR20+800



Figura 49. Ausencia señalización curva y contra-curva pronunciada primera a la derecha.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR21+200



Figura 50. Ausencia señalización curva y contra-curva pronunciada primera a la izquierda.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR21+670



Figura 51. Ausencia señalización, incorporación de tránsito desde la derecha.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR21+820



Figura 52. Ausencia señalización, estación de servicios.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR22+000



Figura 53. Ausencia señalización, bifurcación a la izquierda.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR22+460

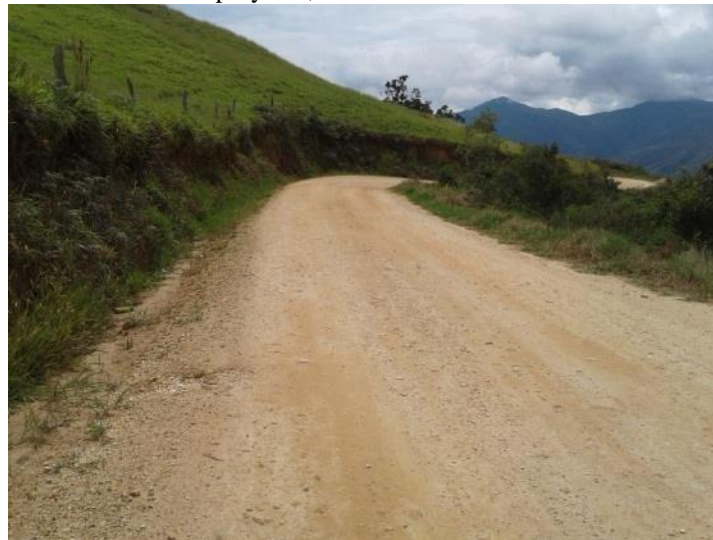


Figura 54. Ausencia señalización, curva y contra curva cerrada primera a la derecha.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR22+600



Figura 55. Ausencia señalización, zona de derrumbes.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR2+630



Figura 56. Ausencia señalización, zona de curvas sucesivas la primera a la izquierda.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

PR22+950



Nota fuente: (MinTransporte, 2015)

Figura 57. Ausencia señalización, curva cerrada a la derecha.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Nota fuente: Autores, 2017.

Una vez identificados los puntos críticos donde existe alto riesgo de accidentalidad por la ausencia de señalización, se genera a través de ArcGis 10.3 el siguiente mapa:

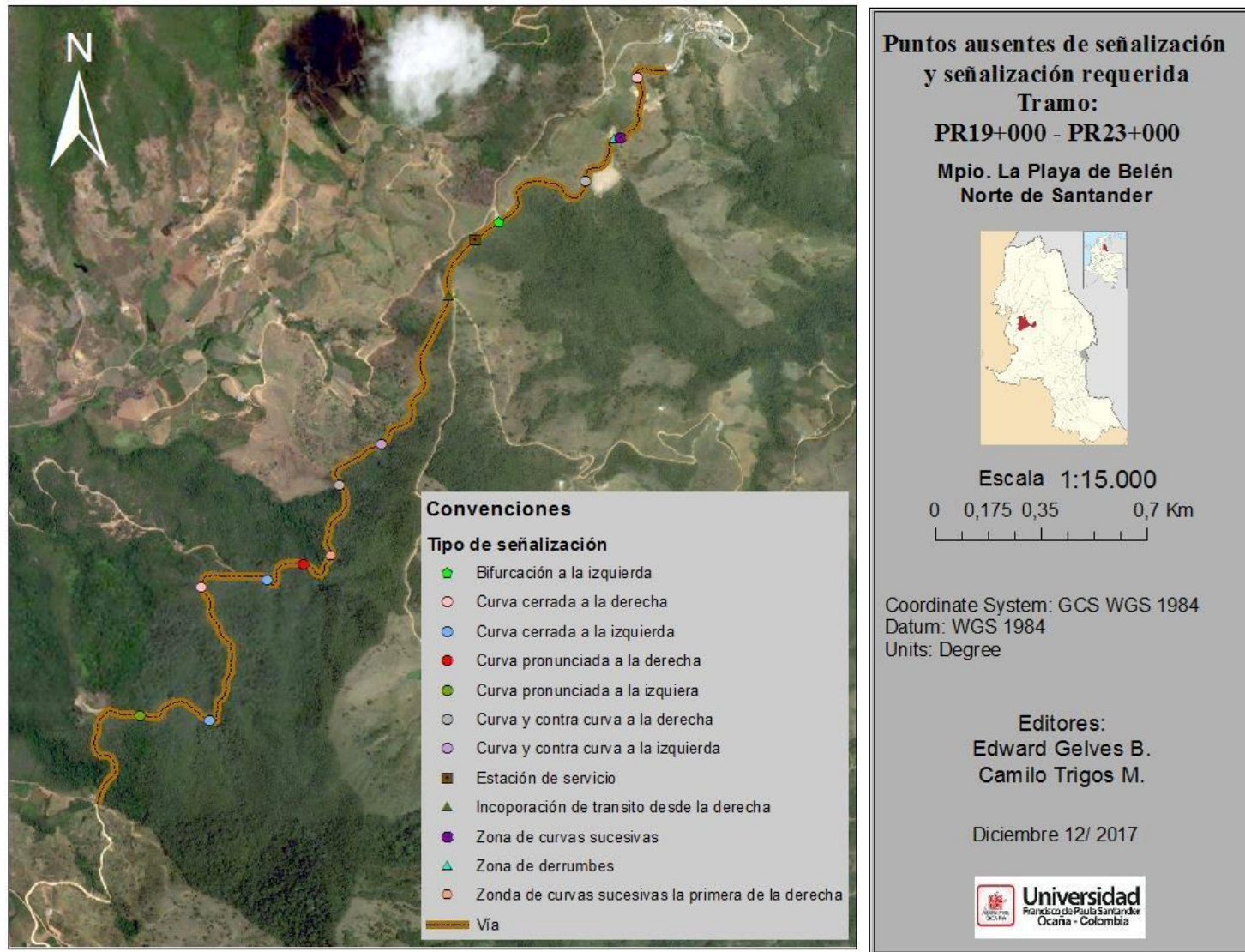


Figura 58. Puntos ausentes de señalización y su respectiva señalización requerida.

Nota fuente: Autores, 2017.

4.1.2.4. **Falta de mantenimiento Periódico:** La ausencia de obras de arte, la falta de señalización y las condiciones actuales en las que se encuentran los sistemas de drenaje, se suma la falta de mantenimiento periódico que involucre la rasante, las cunetas, y la vegetación de los alrededores: Dentro de la norma (INVIAS, 2008) se contemplan dos tipos de mantenimientos que se deben realizar a las vías en Colombia, Rutinario y mantenimiento periódico. El primero se refiere a un mantenimiento preventivo que corrige pequeños errores, despeja la zona de la vegetación, y mantiene limpias las obras de desagüe, este se realiza entre periodos cortos de tiempo. El segundo comprende un trabajo más complejo que se realiza en como su nombre lo dice Periodos más extensos de tiempo, por lo general más de un año, y su objetivo principal es mantener en buenas condiciones la superficie de rodadura, y obras de arte, cuando estas requieren algún tipo de reparación.



Figura 59. Falta de mantenimiento de Alcantarilla (PR22+150).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 60. Falta de mantenimiento de cunetas (PR22+450).
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Dentro de los mantenimientos de las vías se maneja un concepto denominado ancho de zona, o derecho de vía el cual está constituido por la franja de terreno donde se ubican la calzada, las bermas, las obras complementarias, los taludes de los cortes, terraplenes, espacios de servicios de seguridad, servicios auxiliares, desarrollo paisajístico y espacios para futuras ampliaciones y según (INVIAS, 2008) se clasifican así:

Tabla 15.

Ancho de zona o derechos de vías para carreteras en Colombia.

Categoría de la carretera	Ancho de zona
Primaria de dos calzadas	>30
Primaria de una calzada	24 – 30
Secundaria	20- 24
Terciaria	12

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

Para mantener en buenas condiciones y bien delimitado el derecho de vía, las actividades de mantenimiento que se deben realizar son: mantener limpia la zona de materiales extraños, retiro de escombros, rocería de la vegetación, corte de árboles que impidan la visibilidad o que a futura se puedan caer, la protección de taludes para impedir la erosión, peinado de taludes y la remoción de pequeños taludes.



Figura 61. Ancho de zona, o derecho de vía con presencia de vegetación (PR22+550).
Nota fuente: Autores, 2017.

4.1.2.5. *Deficiencia de planes de manejo ambientales:* en cuanto a mitigación de impactos por los cambios climáticos: Básicamente este problema se basa en la dificultad que se presenta para los beneficiarios que transitan por la vía en las estaciones tanto de verano (material particulado) como en el invierno (barro, derrumbes, deslizamientos), lo que puede generar inconformismo a la hora de transportarse, y problemas en la salud de los beneficiarios. La única solución podría ser unos diseños de planes de manejo ambientales ante estas situaciones.



Figura 62. Material Particulado en época de verano.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 63. Presencia de fango en época de lluvias.
Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Tabla 16.

Resumen del estado actual de la vía La Playa de Belén - Corregimiento de Aspásica, Norte de Santander.

TRAMO	ANCHO DE CUNETA		ANCHO DE CALZADA	OBRA DE ARTE(DRENAJE)	OBSERVACIONES
	IZQUIERDA	DERECHA			
PR19+000 - PR19+200	NO HAY	1.10m	6.10m	Alcantarilla (PR19+055) Alcantarilla (PR19+130)	Alcantarillas obstruidas por material sedimentado
PR19+200 - PR19+400	NO HAY	1.00m	6.00m		Evacuación del agua, A través de Drenaje Natural al Terreno (PR19+290)
PR19+400 - PR19+600	NO HAY	1.05m	5.60m	Alcantarilla (PR19+420)	Alcantarilla obstruida por Vegetación
PR19+600 - PR19+800	NO HAY	0.90m	5.50m	BOX CULVERT (PR19+605) Alcantarilla (PR19+780)	Alcantarilla y BoxCulvert obstruidos por Vegetación
PR19+800 - PR20+000	NO HAY	0.80m	5.40m		Cunetas Obstruidas Por Material Sedimentado
PR20+000 - PR20+200	0.40m	0.85m	4.80m	Alcantarilla (PR20+075)	Cuneta Izquierda Hasta (PR20+080), Luego hay Evacuación del agua, A través de Drenaje Natural al Terreno (PR21+500)
PR20+200 - PR20+400	NO HAY	0.90m	4.90m	Alcantarilla (PR20+390)	Cunetas Con alta presencia de vegetación
PR20+400 - PR20+600	NO HAY	0.75m	4.80m	Muro de contención (PR20+640) Alcantarilla (PR20+645)	Muro de contención, Combinado con Alcantarilla, Ambos presentan falta de mantenimiento
PR20+600 - PR20+800	NO HAY	0.60m	4.60m	Alcantarilla (PR20+690)	Alcantarilla Obstruida por material particulado
PR20+800 - PR21+000	NO HAY	1.00m	4.80m	Alcantarilla (PR20+850)	Cunetas Con alta presencia de vegetación

PR21+000 - PR21+200	NO HAY	0.70m	4.60m	Alcantarilla (PR21+185)	Estancamiento de agua por ausencia de pendiente horizontal en las cunetas.
PR21+200 - PR21+400	NO HAY	0.80m	4.50m		Necesaria estabilización talud lateral de Tierra(PR21+220) y Necesaria Construcción Alcantarilla (PR21+370)
PR21+400 - PR21+600	NO HAY	0.70m	4.40m		Evacuación del agua, A través de Drenaje Natural al Terreno (PR21+500)
PR21+600 - PR21+800	NO HAY	0.60m	6.00m	Alcantarilla (PR21+780)	Estancamiento de agua por ausencia de pendiente horizontal en las cunetas.
PR21+800 - PR22+000	NO HAY	0.70m	7.50m	Alcantarilla (PR21+995)	Alcantarilla Disfuncional, Totalmente deteriorada, Evacuación del agua, A través de Drenaje Natural al Terreno (PR21+920)
PR22+000 - PR22+200	0.80m	NO HAY	4.50m	Alcantarilla (PR22+150)	Alcantarilla Con ausencia de mantenimiento, Estancamiento de agua por ausencia de pendiente horizontal en las cunetas, Obstrucción Visual por alta vegetación en los Alrededores de la vía.
PR22+200 - PR22+400	0.60m	NO HAY	4.70m	Alcantarilla (PR22+260)	Cuneta con alta presencia de vegetación, Alcantarilla obstruida por material sedimentado
PR22+400 - PR22+600	0.70m	NO HAY	6.50m	Alcantarilla (PR22+560)	Necesaria estabilización taludes laterales de Tierra (PR22+430), (PR22+520) Y Necesaria construcción muro de contención (PR22+510)
PR22+600 - PR22+800	0.90m	NO HAY	6.00m	Alcantarilla (PR22+745)	Necesaria construcción muros de contención (PR22+610), (PR22+730) Además de mantenimiento a las cunetas
PR22+800 - PR23+000	NO HAY	NO HAY	4.30m	Alcantarilla (PR22+910)	Ausencia de cunetas, lo cual genera grietas en la vía, Necesaria construcción de alcantarilla (PR22+820)

Nota fuente: Autores, 2017.

Luego de determinar todas las falencias presentadas en el tramo de carretera en estudio, se determina por sectores, el estado actual que presenta la vía, tal como se puede apreciar a continuación

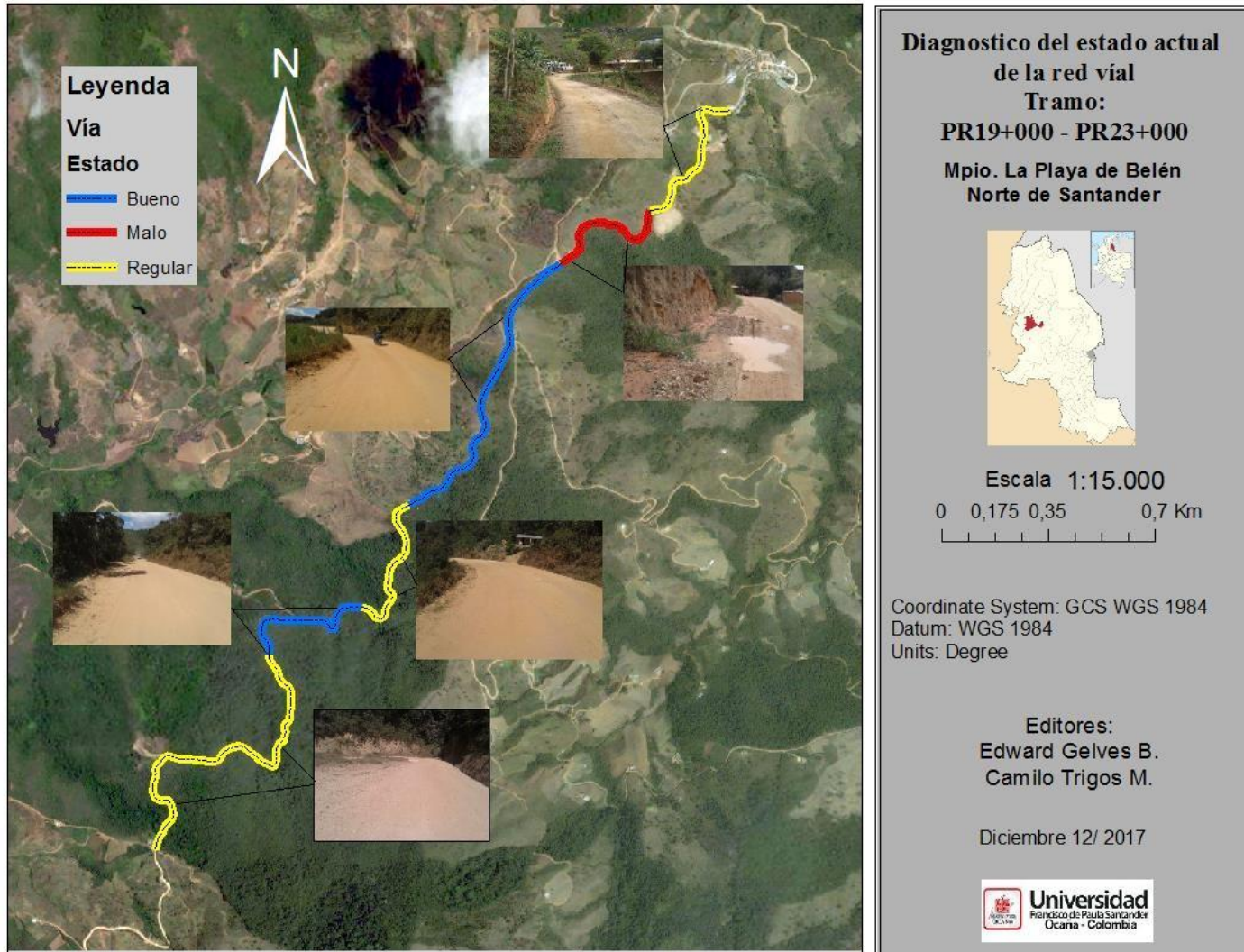


Figura 64. Diagnóstico del estado actual de la red vial.

Fuente: Autores del proyecto, 2107.

4.2. Efectuar el diseño de la estructura del pavimento flexible utilizando la metodología AASHTO.

La estructura del pavimento flexible se conforma por las capas de carpeta asfáltica, base, sub-base y subrasante o superficie de apoyo. Los esfuerzos que llegan a la subrasante no pueden ser mayores a los admisibles, de lo contrario se generarían grandes deformaciones que se reflejarían en la capa de rodadura.

Los esfuerzos generados por las cargas del tránsito, las solicitaciones a la estructura del pavimento, son distribuidos por la estructura a la subrasante, es por ello que es importante hacer un diseño en este caso por el método de la Aashtto el cual es un indicador del cálculo final de espesores, por ser este método conservador y con gran confiabilidad en los espesores arrojados cumpliendo de esta manera con las especificaciones técnicas exigidas.

Por esta razón para el diseño del pavimento debemos tener en cuenta dos estudios fundamentales como son: Estudios de tránsito, Estudio de suelos y la Caracterización de la estructura del pavimento.

Los cuales se describen a continuación:

4.2.1. Estudio de tránsito.

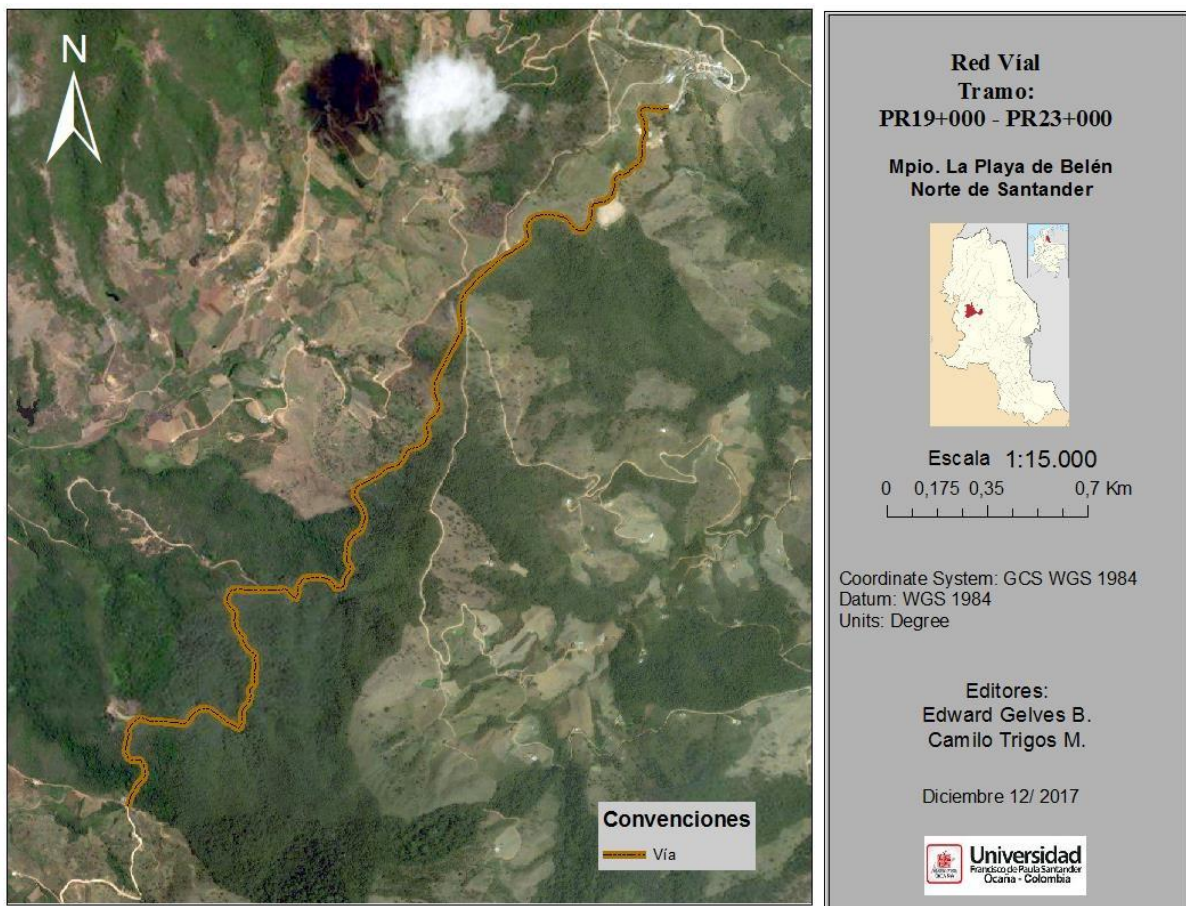


Figura 65. Vía en estudio la Playa de belén – Corregimiento de Aspasica Norte de Santander.
Nota fuente: Google Earth.

Para el diseño de pavimentos es importante tener en cuenta parámetros, entre los que se tiene en cuenta: la capacidad de soporte del suelo, el tránsito que circulará sobre la estructura durante su periodo de diseño, las condiciones climáticas y los materiales con que será construida.

El tránsito es una de las variables más influyente en el diseño de una estructura de pavimento o una vía, ya que las dimensiones de los vehículos influyen en el diseño geométrico, mientras que el número de ejes y peso de estos son factores determinantes para el diseño de la estructura.

Es de esta manera como se debe tener presente ciertos factores determinantes tales como:

- Estudio de volúmenes vehiculares: Como resultado generado del análisis de los aforos realizados, se debe establecer el volumen de vehículos que se movilizan y su distribución por tipo de vehículo, con lo cual permite establecer la carga que transmitirá directa mente sobre la estructura y calcular así los espesores mínimos que soporten dichos esfuerzos para un periodo de diseño dado.

De esta forma una vez realizado el estudio en campo el cual consistió en un aforo manual que tenía como finalidad cuantificar el número de vehículos que pasaban por el tramo de La Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, Norte de Santander realizándose por un periodo de una semana y cuyo resultados se presentan a continuación:

Tabla 17.
Resultado de conteos en la carretera de estudio.

Cantidad de vehículos según el tipo de vehículo y el día de la semana							
Tipo de vehículo	Duración (días)						
	1	2	3	4	5	6	7
Motocicletas	182	152	140	130	156	145	252
Automóviles	43	26	31	25	30	34	29
Buses	23	19	30	20	21	19	17
C-2P	22	15	17	20	19	21	8
C-2G	12	11	9	7	9	13	15
C-3-4	15	14	12	14	15	10	11
C5	2	0	1	0	1	0	0
>C5	0	0	0	0	0	0	0
□□□□□+□□□□□+□□□□□	117	85	100	86	95	97	80
□□□							

Nota fuente: Autores del proyecto, (2017).

Obtenidos la cantidad de vehículos que transitan por el lugar y contando con una clasificación de los tipos de vehículos como autos, buses y camiones (vehículos de diseño) quienes son los que emplean la vía podemos de esta manera determinar el TPDi de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \square\square\square\square &= \frac{\square\square\square\square 1 + \square\square\square\square 2 + \dots + \square\square\square\square \dots + \square\square\square\square 7}{\square\square\square\square 7} \\ \square\square\square\square &= \frac{117+85+100+86+95+97+80}{7} \\ \square\square\square\square &= \frac{660}{7} = 94 \end{aligned}$$

□: □□□□□□□□ □□ □□□□ □□ □□□□□□□□ □□ □□ □□□□□□□□

$$\begin{aligned} \square &= \frac{\square\square\square\square 1 + \square\square\square\square 2 + \dots + \square\square\square\square \dots + \square\square\square\square 7}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= \frac{43+26+31+25+30+34+29}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= \frac{218}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= 31.14\% \end{aligned}$$

□: □□□□□□□□ □□ □□□□ □□ □□□□□□□□ □□ □□ □□□□□□□□

$$\begin{aligned} \square &= \frac{\square\square\square\square 1 + \square\square\square\square 2 + \dots + \square\square\square\square \dots + \square\square\square\square 7}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= \frac{23+19+30+20+21+19+17}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= \frac{149}{7} * \frac{1}{100} \\ \square &= 21.29\% \end{aligned}$$

• Factor camión (Fc): a partir del estudio realizado en la vía de Aspasica, y observando que en esta zona los vehículos pesados que transitan son en la mayoría camiones C2-S2, nos dirigimos a la siguiente figura del libro (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Tabla 18.
Factor camión de acuerdo al tipo de camión.

Tipo de camión	FC-1996 (invias)	FC-2003 (invias)	FC-2012
C2	3.44	2.15	2.29
C3	3.76	3.15	3.91
C2-S2	3.42	2.27	2.44
C3-S2	4.4	4.21	3.66
C3-S3	4.72	5.31	4.46

Nota fuente: Ingeniería de pavimentos (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

De acuerdo a la tabla recomendada por el libro de (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) se tiene un $FC = 2.44$

• Tránsito de diseño: teniendo en cuenta así los resultados obtenidos anteriormente procedemos a calcular el tránsito de diseño en ejes equivalentes de 8.2 Ton. De acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$\begin{aligned}
 &FC = \frac{FC_{1996}}{100} * \frac{FC_{2003}}{100} * \frac{FC_{2012}}{100} * 365 * \frac{(1+r)^n - 1}{Ln(1+r)} * Fc \\
 &FC = \frac{31.14}{100} * \frac{21.29}{100} * 94 * 365 * \frac{(1+0.03)^{10} - 1}{Ln(1+0.03)} * 2.44 \\
 &FC = 64575.955 = 0.064575X10^6 \text{ ejes equivalentes de } 8.2 \text{ Ton}
 \end{aligned}$$

• Periodo de diseño de la estructura de pavimento depende tanto de la categoría de la vía, como del rango de tránsito promedio diario (TPD) inicial de la misma. A continuación, en la tabla se muestran los valores de periodo de diseño recomendados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS) para pavimentos asfálticos.

Tabla 19.
Periodo de diseño (en años) recomendado.

	Categoría de la carretera			
	I	II	III	IV
Descripción	Autopistas interurbanas, caminos interurbanos principales	Colectores interurbanos, caminos rurales e industriales principales	Caminos rurales con transito medio, caminos estrategicos	Pavimentos especiales e innovaciones
Rango TPD inicial	5000	1000-10000	-1000	-10000
Periodo de diseño recomendado (años)	20	15	10	10 - 15

Nota fuente: Instituto nacional de vías (Invias).

La vía la Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, por ser una carretera de caminos rurales con transito bajo y además de caminos estratégicos, se considera en la categoría III de la tabla anterior, por tanto, el periodo de diseño del pavimento flexible toma como 10 años.

- Variables medidas: en el estudio de volumen vehicular se tiene en cuenta la determinación de la distribución vehicular típica de la zona en estudio y la estimación del volumen de los vehículos pesados, por lo cual se considera los siguientes

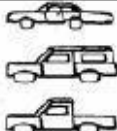
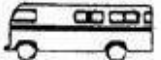
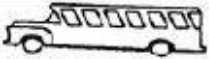
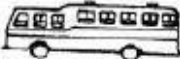
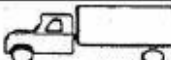
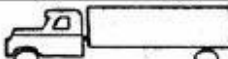
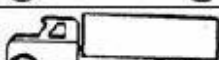
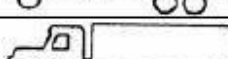
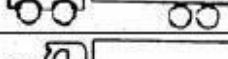

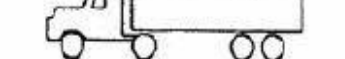
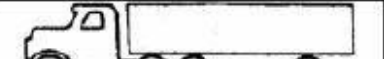
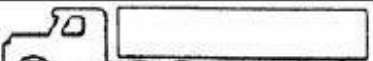
TIPO DE VEHÍCULO		ESQUEMA
AUTOS		
BUSES	BUSETA	
	BUS	
	BUS METROPOLITANO	
G2-P	CAMIÓN DE DOS EJES PEQUEÑOS	
G2-G	CAMIÓN DE DOS EJES GRANDES	
G3 Y G4	CAMIÓN G3	
	CAMIÓN G4	
	TRACTOR-CAMIÓN G2-S1	
	TRACTOR-CAMIÓN G2-S2	
	TRACTOR-CAMIÓN G3-S1	
G5	TRACTOR-CAMIÓN G3-S2	
G6	TRACTOR-CAMIÓN G3-S3	

Figura 66. Esquema de clasificación de vehículos.

Nota fuente: manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con bajos volúmenes de tránsito.

• Series históricas: En lo relacionado a información existente de años anteriores de posibles datos históricos, el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), no presenta dato alguno de información de la serie histórica y composición del tránsito de la vía la Playa de Belén – Corregimiento Aspasia Y Tampoco de vías que tengan un tránsito vehicular similar, por lo que se asumirá una tasa de crecimiento vehicular del 3%, siendo esta una proyección muy cercana a la que se puede llegar a obtener en zonas donde el flujo vehicular no supera un TPD inicial de 1000 vehículos diarios.

4.2.2. Estudio de Suelos.

Uno de los factores más importante en la determinación de los espesores de diseño del pavimento, es la respuesta que tiene el suelo de subrasante ante las cargas del tránsito. Es por esta razón de la calidad que tenga ésta capa dependerán, en gran parte, el espesor final del pavimento.

Del estudio geotécnico se determinan las características físicas mecánicas de la subrasante, y se determinan la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito. Se determina, además, el perfil del suelo mediante perforaciones o excavaciones (apiques) que permiten identificar los estratos y calcular sus propiedades: Granulometría, CBR con muestra alterada, Proctor modificado.

Por tal motivo se puede afirmar que la subrasante es la capa más importante para el diseño de una estructura de pavimentos, ya que es esta la que va a dar soporte a la estructura.

- Magnitud del estudio: Con el objetivo de conocer el perfil estratigráfico en todo el tramo de la zona de estudio, y luego de analizar a detalle la composición mineralógica del suelo se opta por sectorizarla en tramos homogéneos, con el fin de realizar cada apique por sector, de esta manera una vez clasificada la longitud total de la vía en objeto de estudio, se decide realizar 8 sondeos que se dividiría en tramos de 500 metros, cabe destacar que lo anteriormente mencionado fue desarrollado con el objetivo de ahorrar trabajo pues en el manual de invias sugiere que se realice ya sea por tramos de 250 metros como máximo o que sea mediante una sectorización la cual depende de la composición del suelo.

Todo el procedimiento anteriormente descrito es con el propósito de hacer una recolección lo suficientemente representativa de datos. De esta manera se realiza el registro de los espesores de las diferentes capas, y la toma de las muestras de la subrasante, para posteriormente determinar las características físico-mecánicas de la misma.

4.2.3. Caracterización de los sondeos.

A continuación se presenta el análisis de los resultados obtenidos de cada uno de los apiques, mediante los ensayos de laboratorio realizados. Clasificación de los suelos por el Método AASTHO Se utilizan los siguientes parámetros descritos a continuación:

Tabla 20.
Clasificación de suelos método AASTHO.

Clasificación de suelos por el método de AASTHO											
Clasificación general	Materiales granulares (35 %, o menos, pasa el tamiz N°. 200)							Materiales limo-arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz N°. 200)			
Grupos	A-1	A-1-b		A-2			A-2	A-4	A-5	A-6	-7
Sub-grupos	A-1-a			A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7			
											-7-5 -7-6
Porcentaje que pasa el tamiz:											
N°. 10 (2.00mm)	50max	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N°. 40 (0.425mm)	30max	50max	51min	-	-	-	-	-	-	-	-
N°. 200 (0.0075mm)	15max	25max	10max	35max	35max	35max	35max	36min	36min	36min	
Características del material que pasa el tamiz N°. 40											
Limite liquido	-	-	4 máx.	41max	40max	41min	40max	41min	40max	41min	40max min
Índice de plasticidad	6 máx.	NP	10max	10max	11min	11min	10max	10max	11min	11min	min
Terreno de fundación	Bueno a excelente	Excele nte a bueno		Excelente a bueno				Regular a malo			

Nota fuente: libro de ingeniería de pavimentos para carreteras (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Clasificación por el método USCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, se utilizan los siguientes parámetros descritos a continuación:

Tabla 21.
Clasificación de suelos método USCS.

Símbolo de grupo	Nombres típicos	Criterios de clasificación para suelos granulares
GW	Gravas bien gradada, mezclas granosas, poco o ningún fino.	$\frac{\square_{40}}{\square_{10}} = \frac{\square_{40}}{\square_{10}} > 4$ $\square_{20} = 1 < \frac{\square_{20}^2}{\square_{40}} * \square_{40} < 3$
GP	Gravas probablemente gradadas, mezcla grava-arena, ningún fino.	No cumplir todos los requisitos de gradación para GW
GM	d/u Gravas limosas, mezclas gravo-arena-arcillosas	Límite de Atterberg por debajo de la línea A o $L_p < 4$ Materiales sobre la línea A con $4 < L_p < 7$ se considera frontera y se asigna doble símbolo.
GC	Gravas arcillosas, mezcla gravo-arena-arcillosas	Límite de Atterberg por encima de la línea A o $L_p > 7$
SW	Gravas bien gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	$\frac{\square_{40}}{\square_{10}} = \frac{\square_{40}}{\square_{10}} > 6$ $\square_{20} = 1 < \frac{\square_{20}^2}{\square_{40}} * \square_{40} < 3$
SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, poco o ningún fino	No cumplir todos los requisitos de gradación para SW
SM	d/u Arenas limosas, mezclas arena-limo	Límite de Atterberg por debajo de la línea A o $L_p < 4$ Si el material esta en la zona sombreada con $4 < L_p < 7$ se considera de frontera y se le asigna doble símbolo
SC	Arenas arcillosas, mezcla arena-arcilla	Límite de Atterberg por encima de la línea A o $L_p > 7$
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva de granulometría 2. Dependiendo del porcentaje finos (fracción menor del N° 200 los suelos gruesos se clasifican así: Menos del 5% GW,GP,SW,SP Menos del 12% GM,GC,SM,SC Del 5 a 12% casos de frontera que requiere doble símbolo
CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad	
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos olásticos	
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas	
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos	
Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Nota fuente: Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil (Bowles, 1981).

Una vez realizados los análisis de las muestras extraídas en el lugar de estudio cuyos resultados se pudo obtener los diferentes parámetros que poseía cada muestra tales como: Ensayo de CBR, Proctor modificado, Granulometría y límites de Atterberg, [Ver Apéndice A.](#)

Tabla 22.
Cuadro de resultados de laboratorio.

Muestra	Tramo	Propiedades				Límites			% Que pasa tamiz(gr)			Clasificación		Descripción	
		Numero	Punto de referencia	%W (Natural)	Porcentaje óptimo de compactación	F Esp. (gr/cm ³)	Porcentaje de cbr	L.L	L.P	I.P	Nº10	Nº40	Nº200		AASHTO
1	PR19+000 - PR19+500		9,00	17,35%	1,98	9	27,33 %	27,25 %	0,08%	73,6 4	57,2 1	40,3 1	A-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas
2	PR19+500 - PR20+000		11,00	19,00%	1,82	7	38,54 %	28,27 %	10,27 %	71,6 8	43,9 4	32,1 0	A-2-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas
3	PR20+000 - PR20+500		9,05	14,50%	1,843	7	26,95 %	21,66 %	5,29%	86,5 9	74,0 0	50,5 9	A-4(0)	OL	limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad
4	PR20+500 - PR21+000		19,00	27,00%	1,88	7	51,26 %	25,89 %	25,37 %	73,3 7	57,5 2	48,0 5	A-5(0)	SC	Arenas Arcillosas, Mezclas de arena y arcillas mal graduadas
5	PR21+000 - PR21+500		10,00	15,30%	1,97	9	31,80 %	28,12 %	3,68%	58,8 6	35,1 8	26,0 6	A-2-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas
6	PR21+500 - PR22+000		9,00	15,50%	1,875	7	22,28 %	13,99 %	8,29%	63,1 2	39,3 4	29,3 1	A-2-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas
7	PR22+000 - PR22+500		10,00	18,70%	1,89	7	32,63 %	28,02 %	4,61%	62,1 2	41,5 8	30,3 9	A-2-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas
8	PR22+500 - PR23+000		9,00	17,00%	1,95	9	27,68 %	24,37 %	3,31%	62,2 4	42,3 3	31,2 6	A-2-4(0)	SM	Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas

Nota fuente: Autores, 2017.

Una vez realizado los ensayos por los diferentes métodos de clasificación se obtuvo que en el tramo de estudio se encontró predominante un tipo de suelo presente en seis de los ocho puntos muestreados PR19+900 – PR20+000 (Dos sub-tramos), PR20+500-PR21+500 (Dos sub-tramos), y PR22+000-PR23+000(Dos Sub-tramos), clasificado por el método USCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Como SM, Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas, es un suelo de características Grueso-finas, con presencia más importante de partículas finas, y materiales limosos, tiene una impermeabilidad en estado compactado de impermeable a semi-impermeable, con resistencia al corte en estado compactado totalmente saturado buena, compresibilidad en estado compactado saturado baja, y facilidad de tratamiento en obra regular.

Teniendo en cuenta lo mencionado anterior mente sobre los tipos de suelos predominantes en cada uno de los tramo de la carretera en estudio, se analizara las características de cada una de estas por tramos como a continuación se describe:

PR19+000 – PR19+500 Presenta un suelo clasificado por el método American Association of State Highway Officials AASTHO como A-4(0) descrito como Gravas y arenas arcillosas y limosas y por el método USCS Sistema Unificado de Clasificación de Suelos Como SM, Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas, compuesto en la mayoría por partículas finas entre los tamices N°4 y Pasa 200, con limite liquido de 27,33% y un índice de plasticidad de 0,8% muestra un tipo de terreno poco plástico, indicando la presencia de limos y no de arcillas en este, Haciéndolo poco expandible, con una impermeabilidad alta, compresibilidad compactada baja, y un material regular para su facilidad de tratamiento en obra. Con una humedad optima de compactación de 17,35% y una densidad de 1,98gr/cm³ se puede considerar un terreno con una capacidad regular de soporte,

esto se confirma con su porcentaje de CBR de 9% que, está dentro del rango 8-20 de acuerdo a la siguiente tabla donde se clasifica cualitativamente como un suelo regular-bueno para un uso de subrasante.

Tabla 23.
Clasificación cualitativa del suelo según su uso.

Cbr	Clasificación cualitativa del suelo	Uso
2 - 5	Muy mala	Sub-rasante
5 - 8	Mala	Sub-rasante
8 - 20	Regular – Buena	Sub-rasante
20 – 30	Excelente	Sub-rasante
30 – 60	Buena	Sub-base
60 – 80	Buena	Base
80 - 100	Excelente	Base

Nota fuente: Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

PR19+500 –PR20+000 Tiene características similares al suelo anterior mente descrito por el método de clasificación de USCS, mientras que clasificado por AASTHO está dentro del grupo de suelos A-2-4(0), gravas y arenas, limo arcillosas, por sus límites líquidos y plásticos, Según (Blasquez, 2005), se clasifican estos valores así.

Tabla 24.
Clasificación de suelos según sus límites de consistencias.

Parámetro	–	Arena	Limo	Arcilla
LL	Límite líquido	15 – 20	30 – 40	40 – 150
LP	Límite plástico	15- 20	20 – 25	25 – 50
LR	Límite de retracción	12 – 18	14 – 25	8 – 35
IP	Índice de plasticidad	0 - 3	10 - 15	10 - 100

Nota fuente: libro de Infraestructura de pavimentos (Blasquez, 2005).

Con límite líquido de 38,54% concierne a un material limoso, de mediana plasticidad, compresibilidad baja, facilidad de manejo en obra regular, capacidad baja de soporte con una densidad de 1,82gr/cm³ y un %CBR de 7%, teniendo en cuenta la clasificación de (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) esta dentro del rango S3 con una resistencia para subrasante regular.

Tabla 25.*Clases de resistencia de la subrasante %CBR.*

Clase de la resistencia de la subrasante	
Clase	Rango
S1	2
S2	3 – 4
S3	5 – 7
S4	8 – 14
S5	15 – 29
S6	30 +

Nota fuente: Ingeniería de pavimentos para carreteras (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

PR20+000 – PR20+500 Mediante la clasificación por el método AASTHO, se encuentra en el grupo A-4(0) descrito en el primer tramo de vía analizado, mientras por el método USCS, este se clasifica como un OL, limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad, un suelo con impermeabilidad y/o semi permeabilidad en estado compactado, resistencia al corte en estado saturado deficiente, compresibilidad en estado compactado media y facilidad de tratamiento en obra regular, como su nombre lo indica es un material con poca plasticidad, y presencia de partículas orgánicas que desfavorecen su capacidad de soporte, y esto se ve reflejado en su porcentaje de CBR de 7 %, (capacidad de soporte baja) y su densidad seca de 1,84gr/cm³ que se puede considerar de igual manera de baja capacidad. Sus límites de consistencia confirman la presencia de limos. Con una humedad óptima de 14,5% muestra un comportamiento poco expansivo.

PR20+500 – PR21+000 Es el único sub-tramos estudiado que presenta características diferentes a los demás sub-tramos y se clasifica por el método AASTHO como A-5(0), Y Por el método USCS Como SC, Arenas Arcillosas, Mezclas de arena y arcillas mal graduadas, siendo este un tipo de suelo con alta presencia de arcillas, lo que lo hace un material de alta plasticidad y comportamiento expansivo, sus límites elevados de consistencia, limite liquido: 51,26% afirman este comportamiento, y según (Blasquez, 2005), está dentro de estos parámetros. Tiene impermeabilidad en estado compactado, su resistencia al corte en estado

saturado tiende de buena a regular, tiene compresibilidad en estado compactado baja, y su manejo en obra es bueno. Posee una alta humedad optima de compactación 27,00%, baja densidad seca 1,88gr/cm³ y un %CBR de 7, que infiere una baja capacidad de soporte.

PR21+000 – PR23+000 Los últimos 4 sub-tramos estudiados presentan características similares y están clasificados dentro del mismo grupo por ambos métodos, AASTHO Como A-2-4(0), y por el método USCS como SM, Arenas Limosas, Mezclas de arena y limos mal graduadas, Es un suelo de características Grueso-finas, Con presencia más importante de partículas finas, y materiales limosos, tiene una impermeabilidad en estado compactado de impermeable a semi impermeable, con resistencia al corte en estado compactado totalmente saturado buena, compresibilidad en estado compactado saturado baja, y facilidad de tratamiento en obra regular. En los sub-tramos correspondientes a los PR21+000 – PR21+500 Y PR22+500-PR23+000 muestra humedades entre 15 y 17%, Limites de consistencia entre 27 y 31% afirmando la presencia de limos, confirmando su baja plasticidad, que ofrece una densidad seca media-alta con valores de 1,95 y 1,97 gr/cm³, arrojando ambos un %CBR de 9%, que según (Alfonso Montejó Fonseca, 2002)se clasifica como S4 y tiene una resistencia buena para subrasante.

Por ultimo tenemos el sub-tramo **PR21+500- PR22+500** el cual tiene una humedad de compactación promedio de 16%, limites liquido e índice de plasticidad de 26% y 6% en promedio correspondientemente, y densidad seca de 1,88gr/cm³, para un %CBR de 7%, que lo determina como un suelo menos resistente al de los dos sub-tramos descritos anteriormente, con menor capacidad de soporte y clasificado según (Alfonso Montejó Fonseca, 2002)como un suelo S3, con resistencia regular para su uso en subrasante.

4.2.4. Caracterización de la estructura del pavimento.

El buen diseño de la estructura de un pavimento principalmente debe garantizar el óptimo funcionamiento de la vía, es decir que para su diseño se debe tener en cuenta las cargas dinámicas estimadas en un periodo de diseño, la cual está estrechamente relacionada con el nivel de tránsito, por esta razón es vital determinar las características mecánicas de los materiales cumpliendo así con los parámetros especificados en la parte estructural y así mismo garantizar al usuario los parámetros físicos relacionado con el diseño geométrico y el índice de servicio necesario para una mayor seguridad y confort.

4.2.4.1. *Sub-rasante.*



Figura 67. Toma de muestras en zona de estudio y realización de CBR en laboratorio de suelos UFPSO.
Nota fuente: Autores 2017.

Una vez sometida a estudios de laboratorio las muestras extraídas de la vía La Playa de Belén – Corregimiento de Aspasia, Norte de Santander, se pudo constatar mediante una serie de cálculos que el valor obtenido de $CBR_{\square\square\square\square\square\square\square}$ mas critico fue del 7%, esto nos da un indicativo de que tan buena es nuestro suelo de soporte, basándonos en la Tabla 25, sobre la clasificación cualitativa del suelo podemos concluir que la clasificación cualitativa del suelo de diseño es mala.

Aunque aun así nos haya arrojado dicho porcentaje de CBR tan bajo para sub-rasante no quiere decir que dicha estructura de soporte no sea apta para la estructura de pavimento.

Por tanto, para el cálculo del módulo resiliente de la sub-rasante $M_r(s-r)$: según el numeral 5.6.4 de propiedades de los materiales del libro (Alfonso Montejó Fonseca, 2002) sugiere que para suelos finos con un CBR no mayor a 10% se recomienda emplear la siguiente expresión matemática, la cual es una relación entre el M_r medido en campo y el CBR de laboratorio donde es muy razonable su resultado.

$$M_r(s-r) = (1500 * CBR) \text{lb/pulg}^2 < 7.2 \text{ CBR}$$

$$M_r(s-r) = (1500 * 7) \text{lb/pulg}^2$$

$$M_r(s-r) = (10500) \text{lb/pulg}^2$$

4.2.4.2. *Sub-Base.*

Para la determinación del módulo resiliente y coeficiente estructural a_3 en la capa de la sub-base granular y basándonos en el libro (Alfonso Montejó Fonseca, 2002) por el cual establece la utilización del nomograma de la Aashtto para obtención de los parámetros antes mencionados, la cual se basa mediante un porcentaje de $M_r(s-r)$ donde se establece mediante el libro de (Alfonso Montejó Fonseca, 2002) no ser menor al 20% tal cual como se ilustra en la siguiente tabla:

Tabla 26.
Requisitos de Calidad de las Capas Granulares.

Requisitos de calidad de las capas granulares			
Ensayo	Requisitos de los ensayos		
	Sub-base Granular	Base Granular	
CBR mínimo, o R mínimo	20-55	80-78	
LL Máximo	25	25	
IP Máximo	6	NP	
Equivalencia de arena, Mínimo	25	35	
% N° 200 máximo	12	7	

Nota fuente: Ingeniería de pavimentos (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Por tanto asumiremos un porcentaje de $\square\square\square\square-\square\square\square\square = 50\%$ con el fin de proporcionar materiales de excelente capacidad portante capaz de soportar de esta manera todas las cargas impuestas por el tránsito, siendo así nos trasladamos al nomograma para el cálculo del coeficiente estructural de la sub-base la cual es la siguiente:

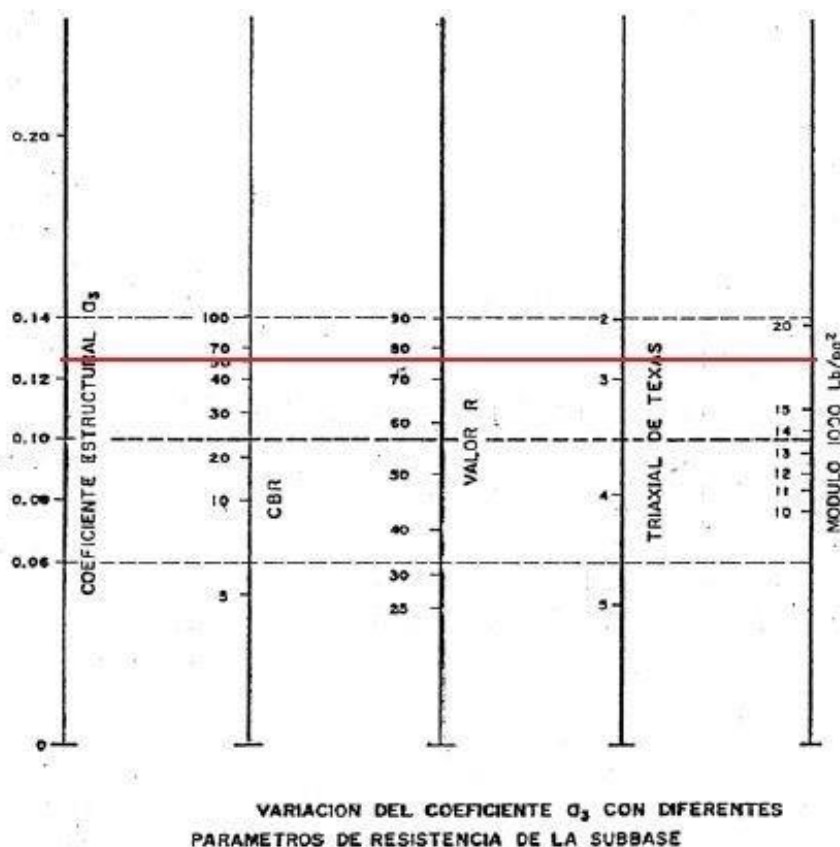


Figura 68. Nomograma para calcular coeficiente estructural de la sub-base granular.
Nota fuente: Ingeniería de pavimentos (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Para un valor de CBR de 50% en el nomograma se obtiene el valor de $a_2 = 0.125$ y un módulo resiliente de 17500 psi .

4.2.4.3. Base.

Para la caracterización el material debe cumplir con las especificaciones de la norma INVIAS al igual que lo recomendado por (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) donde se exige un CBR mínimo de 80% el cual debe ser analizado en el nomograma de la Aashtto y de esta manera obtener el coeficiente a_2 y módulo resiliente del material.

Es de esta manera que se escogerá un porcentaje de $\text{CBR} = 80\%$ con el objetivo de proporcionar la suficiente resistencia a la tensión complementando así una capacidad estructural lo suficientemente buena, para transmitir de forma adecuada los esfuerzos producidos por el tránsito a la sub-base y sub-rasante y además garantizar hasta donde sea posible el impedimento del agua a interior de las capas que conforman el pavimento.

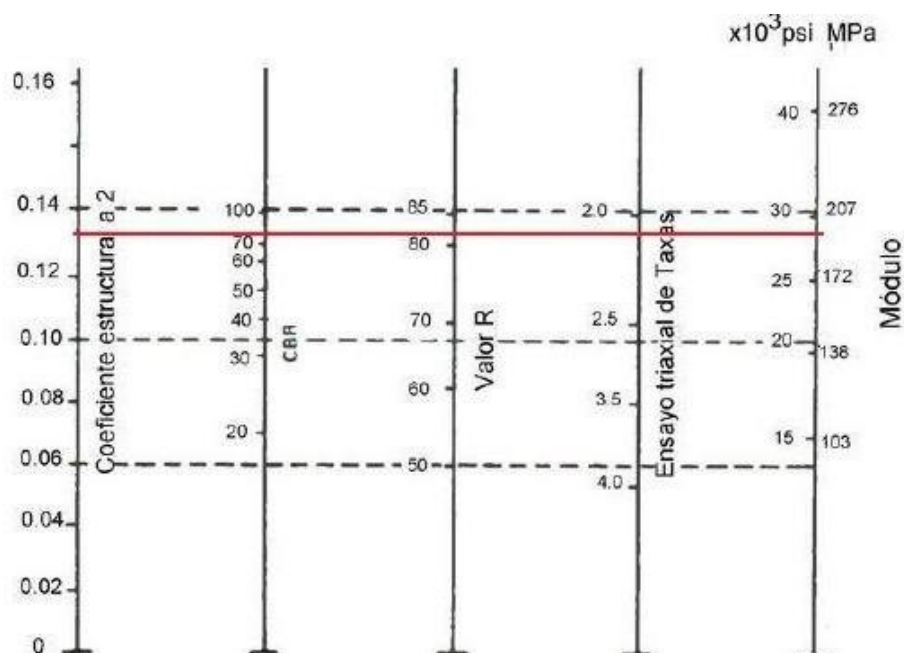


Figura 69. Nomograma para calcular coeficiente estructural de la base granular.

Nota fuente: Ingeniería de pavimentos (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Para un valor de CBR de 80% en el nomograma se obtiene el valor de $\mu_2 = 0.134$ y un módulo resiliente de $\mu\mu = 28400 \mu\mu\mu$.

4.2.4.4. Carpeta asfáltica.

Como parte importante en la conformación de la estructura del pavimento, tenemos la carpeta asfáltica, la cual debe poseer excelentes propiedades para su óptimo funcionamiento en su periodo de servicio, es por esta razón que debemos garantizar ciertos criterios tales como:

Cemento asfáltico: Al encontrarse ubicada nuestra zona de estudio en un clima templado a frío tenemos que para la elaboración de la mezcla asfáltica debe poseer una penetración 100 (1/10mm), esto de acuerdo a lo mencionado por (Alfonso Montejo Fonseca, 2002) en el libro de ingeniería de pavimentos para carreteras.

Determinación del índice de penetración y la temperatura T800 del asfalto: El asfalto con el cual se va a elaborar la mezcla asfáltica y que se usará en la obra, se le hacen varios ensayos de penetración, a diferentes temperaturas para determinar su susceptibilidad térmica y con ayuda de la gráfica de Heukelom. Se halla el índice de Penetración (IP) que es una medida de la susceptibilidad térmica del asfalto, y también el T800, que, es la temperatura a la cual la penetración es de 800 décimas de milímetro. Con los valores de penetración localizados en la gráfica para las temperaturas de ensayo se traza una recta, que se prolonga hasta cortar la horizontal correspondiente a una penetración de 800 (1/10 mm) y allí se lee

una temperatura $T_{800} = 53^{\circ}\text{C}$. Por el punto A dado en la gráfica se traza una paralela a la línea que une los puntos correspondientes a las penetraciones obtenidas a las temperaturas de ensayo. Dicha paralela corta la escala que indica el índice de Penetración en $\text{IP} = -0.1$. Como se puede apreciar en la siguiente figura:

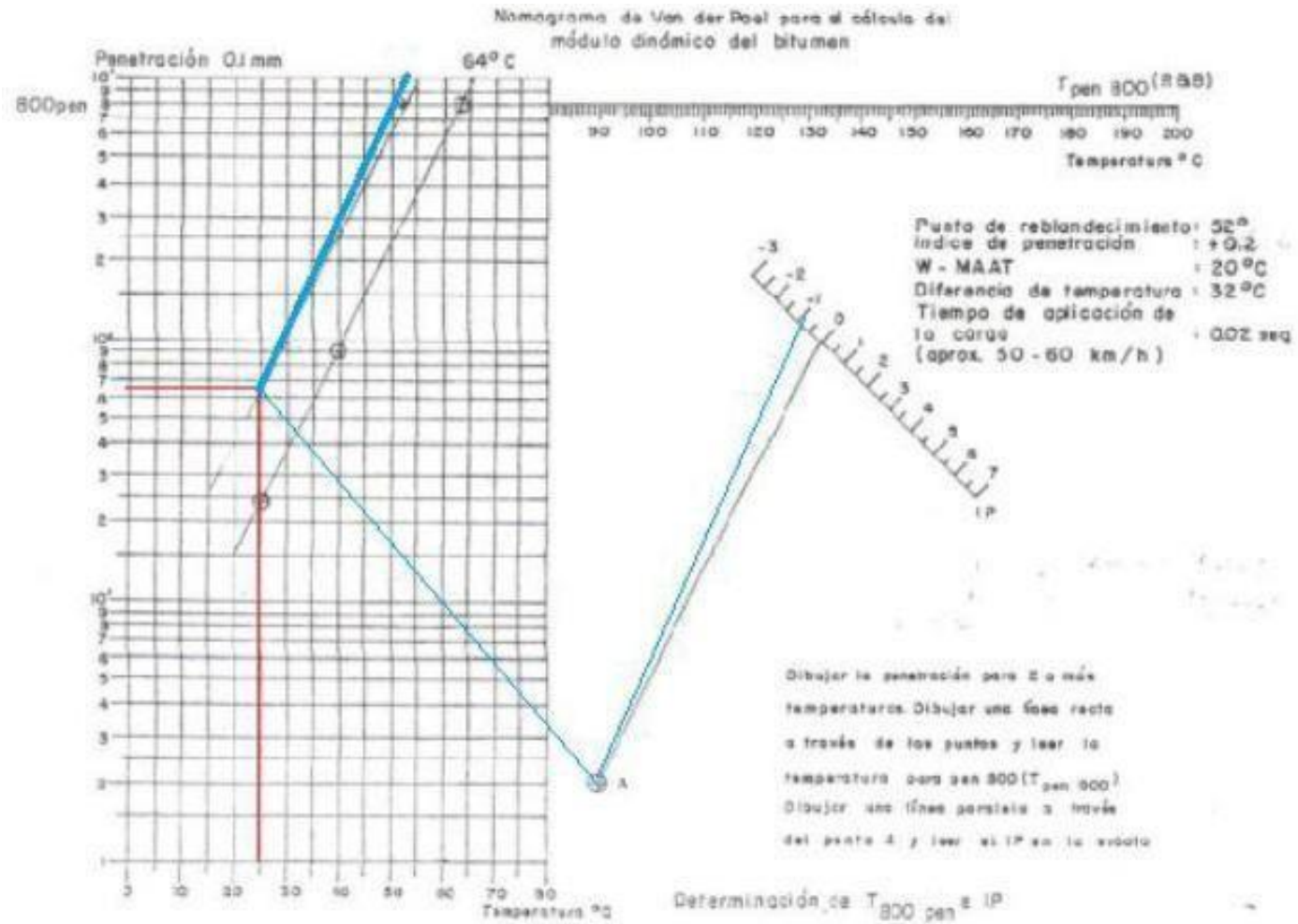


Figura 70. Nomograma para calcular el índice de penetración y la Temperatura T800.
 Nota fuente: Ingeniería de pavimentos de carretera (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Temperatura de mezclado: como base fundamental en la colocación del asfalto en obra, debemos conocer la temperatura mínima requerida a la cual la mezcla debe llegar, es por esta

razón que entrando con datos como T_{m1} y T_{m2}

podemos así obtener la T_{mez} .

$$T_{m1} = 10^{\circ}\text{C} ; T_{m2} = 20^{\circ}\text{C}$$

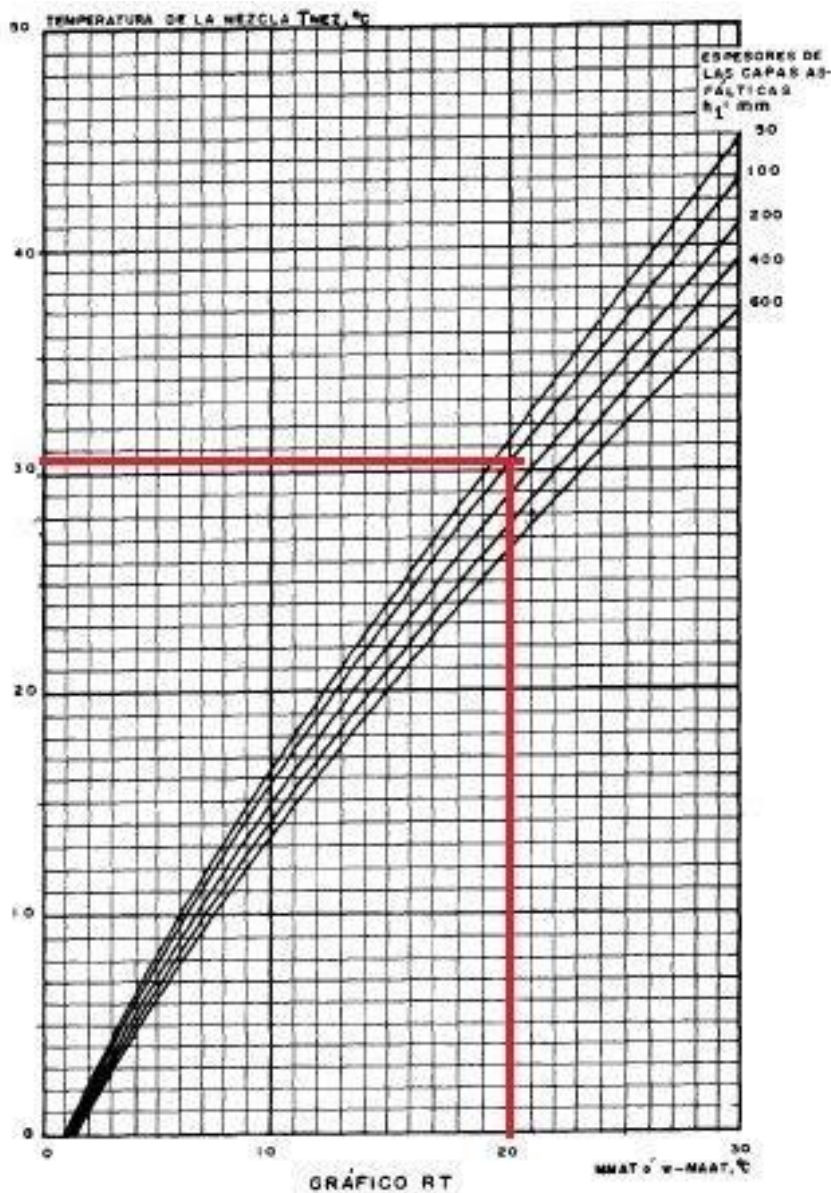


Figura 71. Relación entre la temperatura efectiva de la capas asfálticas y de la mezcla.
 Nota fuente: Ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

De la gráfica se obtuvo la temperatura de mezclado $T_{mez} = 31^{\circ}\text{C}$

Módulo de rigidez del asfalto: Se emplea la gráfica de Van Deer Po. Para ello es necesario conocer la siguiente información:

- Índice de penetración.
- Tiempo de aplicación de carga. La Shell recomienda emplear un tiempo de 0.02 segundos. Que corresponde a una velocidad del vehículo de 50-60 km/hora.

- $\Delta T = T_{800} - T_{a}$.

Con la temperatura media anual presente en la zona de la Playa de Belén – Corregimiento de Aspasica se va al punto medio entre los dos espesores mínimos y máximos de las capas asfálticas ya que en el proceso de diseño aún no se conocen los espesores, obteniéndose $T_{a} = 31^{\circ}\text{C}$, entonces $\Delta T = 53 - 31 = 22^{\circ}\text{C}$.

Con estos valores se entra a la siguiente figura que tendremos a continuación, partiendo de la parte inferior con un tiempo de aplicación de carga de 0.02 segundos, uniendo este punto con $\Delta T = 22^{\circ}\text{C}$ y prolongando hasta $IP = -0.1$; a partir de este punto se sigue paralelamente a las curvas hasta llegar a la parte superior donde se lee un Stiffness del asfalto de $2 \times 10^7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$

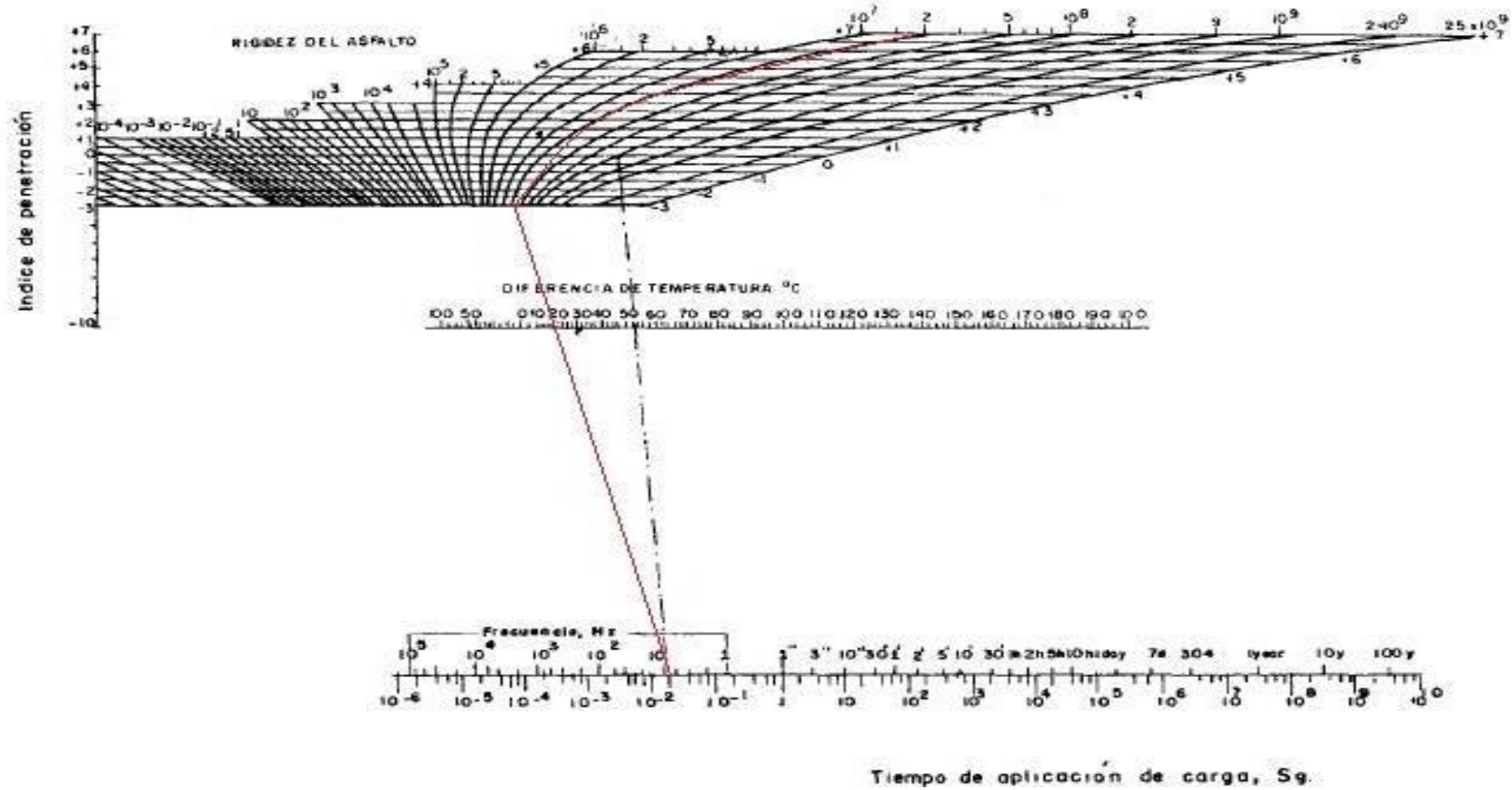


Figura 72. Nomograma de Van Der Poel para determinar el módulo dinámico (Stiffness) del asfalto.
 Nota fuente: Ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Módulo de rigidez de la mezcla asfáltica: para la determinación del módulo dinámico de la mezcla asfáltica se emplea la siguiente grafica continuación y para ello es necesario conocer, además del Stiffness del asfalto, la composición volumétrica de la mezcla asfáltica de acuerdo con el diseño de ella en el laboratorio. Que en nuestro caso luego de haber analizado la composición granulométrica de la carretera y sin contar con algún diseño de materiales como agregados y asfalto pero teniendo un amplio conocimiento del comportamiento de nuestro suelo de soporte podemos dar una dosificación lo suficientemente apta para nuestro tipo de pavimento que tiene un bajo flujo vehicular que será el siguiente:

$$\text{Porcentaje de volumen de asfalto} = 13.8 \%$$

$$\text{Porcentaje de volumen de agregados (vg)} = 95.10 \%$$

$$\text{Módulo de rigidez del asfalto} = 2 \times 10^7 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Teniendo en cuenta la gráfica donde se empleó cada uno de los datos como lo fue la dosificación y el módulo de rigidez, la gráfica nos arroja un módulo dinámico de la mezcla

$$\text{asfáltica} = 3.5 \times 10^{10} \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} = 5171737.12 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

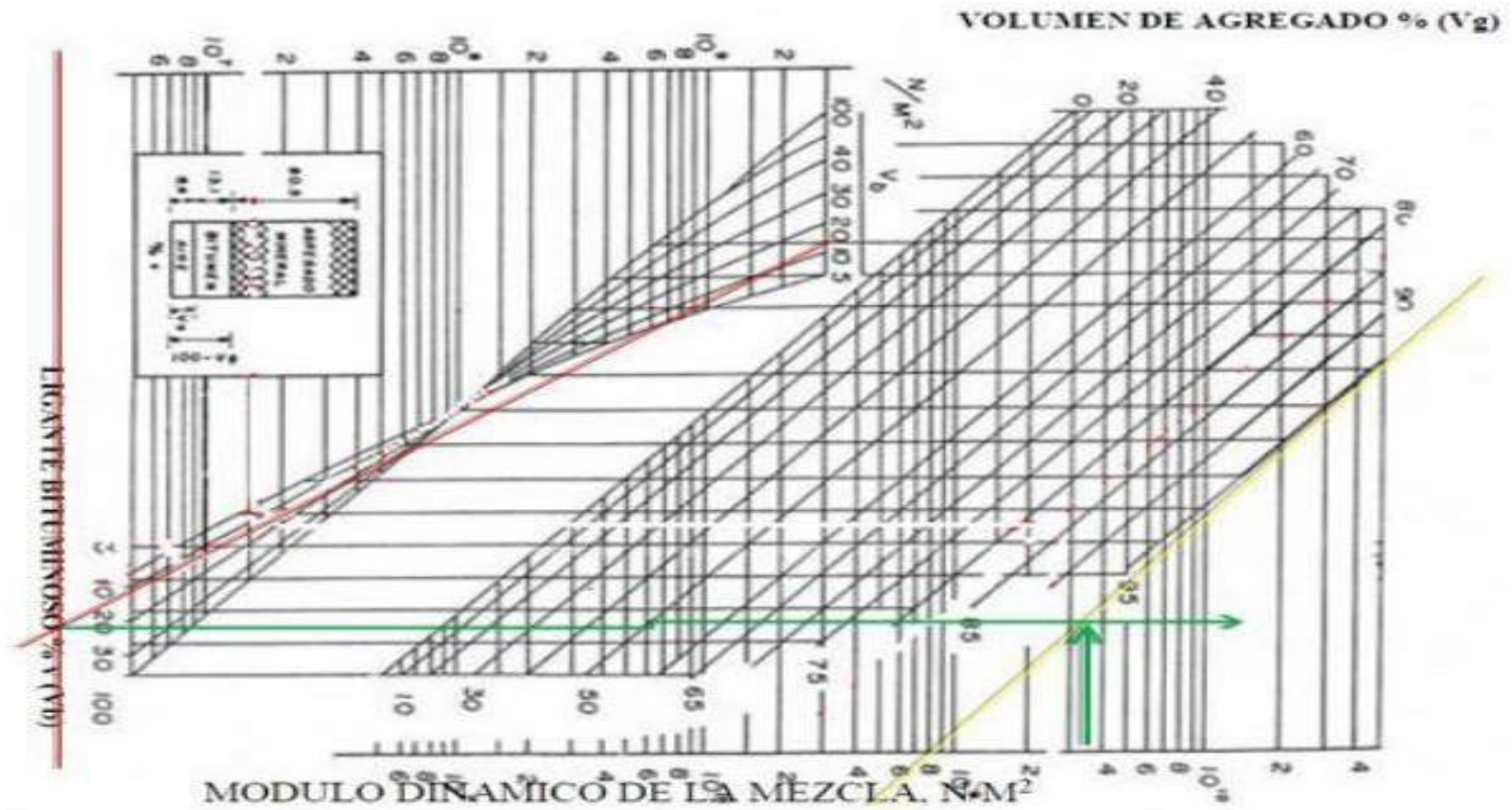


Figura 73. Nomograma para el cálculo del módulo dinámico (Stiffnees) de las mezclas asfálticas.
 Nota fuente: Ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejo Fonseca, 2002)

Coeficiente estructural a_1 para capas de concreto asfáltico: Se halla el coeficiente estructural a_1 en función del Módulo Resiliente del concreto asfáltico de acuerdo a la siguiente gráfica.

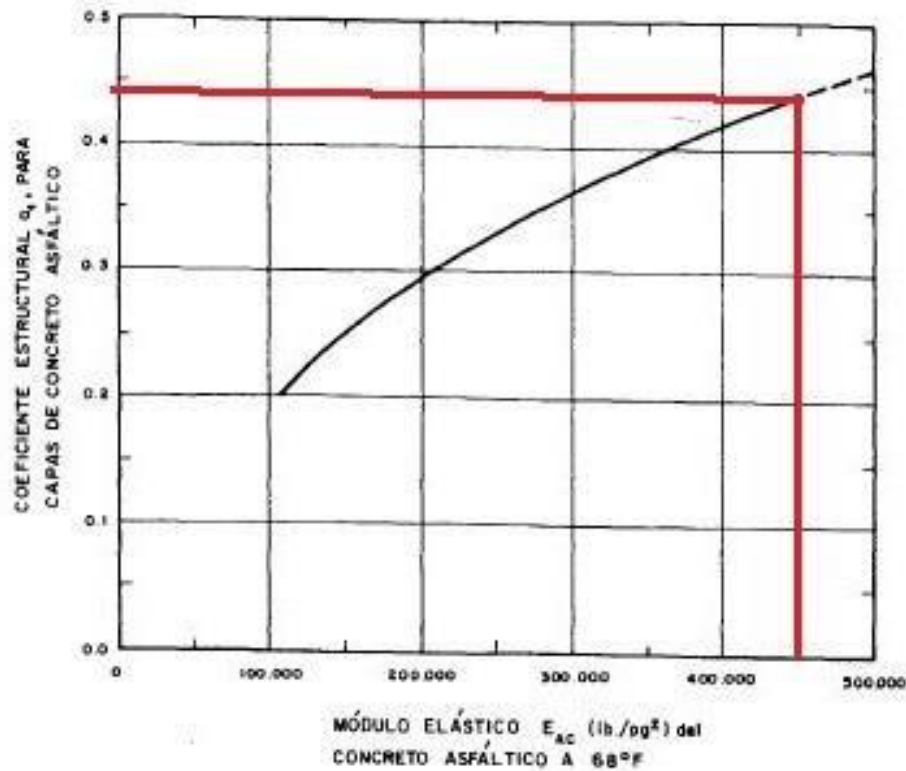


Figura 74. Coeficiente estructural de la carpeta asfáltica.

Nota fuente: ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Con base a la gráfica anterior sobre el coeficiente estructural de la carpeta asfáltica tenemos un valor aproximado de $a_1 = 0.45$.

Luego de la determinación de los parámetros más importantes para el diseño del pavimento como son los que a continuación se describen en la tabla, procedemos al cálculo del número estructural de cada capa y así determinar el espesor final de cada elemento que compone la estructura del pavimento.

Tabla 27.

Datos de entrada para el diseño del pavimento por el método de la Aashtto.

Periodo de diseño	05 años
Ejes equivalentes	64575.955 = 0.064575X10 ⁶
Mr Base	28400 kg/cm ² .
Mr Sub-base	17500 kg/cm ²
Mr Sub-rasante	10500 kg/cm ²
E Mezcla asfáltica	5171737.12 kg/cm ²

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

4.2.5. Cálculo del número estructural (N_e):

$$N_e = N_1 * N_1 * N_2 * N_2 * N_2 * N_3 * N_3 * N_3$$

N₁: Factor de corrección por tráfico, se calcula como: $N_1 = \frac{E_1}{E_2}$.

N_{1,2,3}: Factor de corrección por tipo de tráfico, se calcula como: $N_{1,2,3} = \frac{E_1}{E_2} - \frac{E_1}{E_3}$.

N_{2,3}: Factor de corrección por tipo de tráfico, se calcula como: $N_{2,3} = \frac{E_1}{E_2} - \frac{E_1}{E_3}$.

Para el cálculo de los números estructurales de las capas del pavimento empleando el método de la Aashtto. Se debe tener en cuenta datos de entrada como, el nivel de confiabilidad, desviación estándar y la desviación estándar.

- Nivel de confiabilidad: Se entiende por confiabilidad de un proceso de diseño, el comportamiento de un pavimento a la probabilidad de que una sección diseñada se comporte satisfactoriamente a las condiciones de tránsito y ambientales durante el periodo de diseño. Es decir La confiabilidad pretende incorporar algún grado de certidumbre al procedimiento de diseño, para asegurar que las diferentes alternativas de éste se mantengan para el período de análisis. El factor de confiabilidad de diseño tiene en cuenta variaciones al azar tanto en la predicción del tránsito como en la predicción del comportamiento y por lo tanto proporciona

un nivel predeterminado de confianza en que los tramos del pavimento sobrevivirán al período para el cual fueron diseñados, es por esta razón que de acuerdo a la clasificación de la vía y el tipo de carretera se empela cierto nivel de confiabilidad, como a continuación se muestra:

Tabla 28.
Niveles de confiabilidad recomendados por la Aashtto.

Niveles de confiabilidad sugeridos para diferentes carreteras (Z_r)		
Clasificación	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbana	Rural
Autopistas interestatales y otras	85 – 99.9	80 – 99.9
Arterias principales	80 – 99	75 – 95
Colectoras de transito	80 – 95	75 – 95
Carreteras locales	50 - 80	50 – 80

Nota fuente: Diseño de Pavimentos método Aashtto 93 (Oscar V. Cordo, 2006).

Por tanto de acuerdo a clasificación funcional de la vía, y sabiendo que la vía de la Playa de Belén – Corregimiento de Aspasica, hace parte de la zona rural del municipio, se escoge un nivel de confiabilidad $Z_r = 60$.

- Desviación estándar (σ): De acuerdo a lo desarrollado por la Aashtto Road Test no se incluye error por el tránsito. Sin embargo, se cuenta con una tabla que está sujeta al tipo de proyecto de pavimento que se vaya a ejecutar:

Tabla 29.
Desviación estándar dependiendo el tipo de proyecto.

Proyecto de pavimento	Desviación estándar σ
Rango para pavimentos flexibles	0.40 – 0.50
Construcción nueva	0.45
Sobre capas	0.50

Nota fuente: Diseño de Pavimentos método Aashtto 93 (Oscar V. Cordo, 2006).

Empleando la tabla anterior con un proyecto de pavimento flexible obtenemos una desviación estándar $\sigma = 0.45$.

- **Serviciabilidad** ($\Delta_{PSI} = PSI_{actual} - PSI_{requerida}$): La **Serviciabilidad** de un pavimento se define como la idoneidad que tiene el mismo para servir a la clase de tránsito que lo va a utilizar. La mejor forma de evaluarla es a través del índice de servicio presente (PSI), el cual varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta).

Por esta razón contamos dos tipos de **Serviciabilidad**, una inicial y otra final las cuales dependen del tránsito y de las características constructivas de la misma, a continuación se dan a conocer cada una de las tablas:

Tabla 30.
Serviciabilidad inicial de acuerdo al tipo de pavimento.

Tipo de pavimento	Serviciabilidad inicial $PSI_{inicial}$
Concreto	4.5
Asfalto	4.2

Nota fuente: Diseño de Pavimentos método Aashtto 93 (Oscar V. Cordo, 2006).

Proyectando el diseño del pavimento a flexible obtenemos una **Serviciabilidad inicial** de $PSI_{inicial} = 4.2$.

Tabla 31.
Serviciabilidad final dependiendo del tipo de vía.

Tipo de vía	Serviciabilidad final PSI_{final}
Autopista	2.5 – 3.0
Carreteras	2.0 – 2.5
	Zonas industriales
Pavimento urbano principal	1.5 – 2.0
Pavimento urbano secundario	1.5 – 2.0

Nota fuente: Diseño de Pavimentos método Aashtto 93 (Oscar V. Cordo, 2006).

Sabiendo que nuestro tipo de vía es una carretera tenemos que nuestra **serviciabilidad final** es $PSI_{final} = 2.0$.

Una vez establecido \square_{\square} y \square_{\square} , se aplica la siguiente ecuación para definir el cambio total en el índice de servicio:

$$\Delta_{\square\square\square} = \square_{\square} - \square_{\square}$$

$$\Delta_{\square\square\square} = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta_{\square\square\square} = 2.2$$

Además de los parámetros obtenidos anteriormente, es necesario conseguir los valores de los coeficientes \square_2 \square_3 , correspondientes a las capas de base y sub-base respectivamente, el método de la Aashtto se basa en la capacidad que tiene el drenaje de remover la humedad interna del pavimento. Para la vía La playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, de acuerdo a los estudios de suelos realizados en laboratorio, podemos afirmar que hay alta presencia de arenas arcillosas, mezclas de arena y arcillas mal graduadas, siendo este un tipo de suelo con alta presencia de arcillas (Tramo PR20+500-PR21+000), lo que lo hace un material de alta plasticidad y comportamiento expansivo con lo cual establecemos y garantizaremos una calidad de drenaje para el pavimento de excelente, es decir, que el agua se evacua en 2 horas o menos.

Tabla 32.
Capacidad del drenaje para remover la humedad.

Calidad del drenaje	Termino para remoción del agua
Excelente	2 horas
Buena	1 día
Aceptable	1 semana
Pobre	1 mes
Muy pobre	El agua no drena

Nota fuente: ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejo Fonseca, 2002).

Después de saber el término de remoción del agua en nuestra estructura del pavimento, emplearemos la siguiente tabla:

Tabla 33.

Valores recomendados de m_i para modificar el coeficiente de capas de base y sub-base granular.

Valores de m_i recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y sub-base granular				
Calidad del drenaje	% de tiempo de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad próximos a saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1.4-1.35	1.35-1.3	1.3-1.2	1.2
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.0	1.0
Aceptable	1.25-1.15	1.15-1.05	1.0-0.80	0.80
Pobre	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy pobre	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Nota fuente: ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

Para el porcentaje de exposición de la estructura del pavimento a nivel de humedad se escoge >25% con el compromiso de realizar obras de arte que garanticen el buen funcionamiento del pavimento en cuanto al drenaje del agua. Siendo así tenemos un valor de $m_2 = m_3 = 1.2$.

Finalmente determinados todos los parámetros necesarios para la obtención del número estructural de cada capa, proseguimos con el cálculo por medio de la gráfica de diseño basada en los parámetros tales como:

- Tránsito estimado durante el período de diseño (W_{18}).
- El nivel de confiabilidad.
- La desviación estándar total (S_o)
- El módulo resiliente de la subrasante (MR).
- La pérdida de nivel de servicio durante el período de diseño $\Delta_{p,p} = p_0 - p_p$.

A continuación se calculará el número estructural N_p en cada una de las capas.

Determinación de Δ (Sub-rasante) a partir de: $W_{18} = 0.064575 \times 10^6$, $Z_R = 60\%$, $\Delta = 0.45$, $\Delta = 10500 \frac{\Delta}{\Delta^2} \Delta = 2.2$

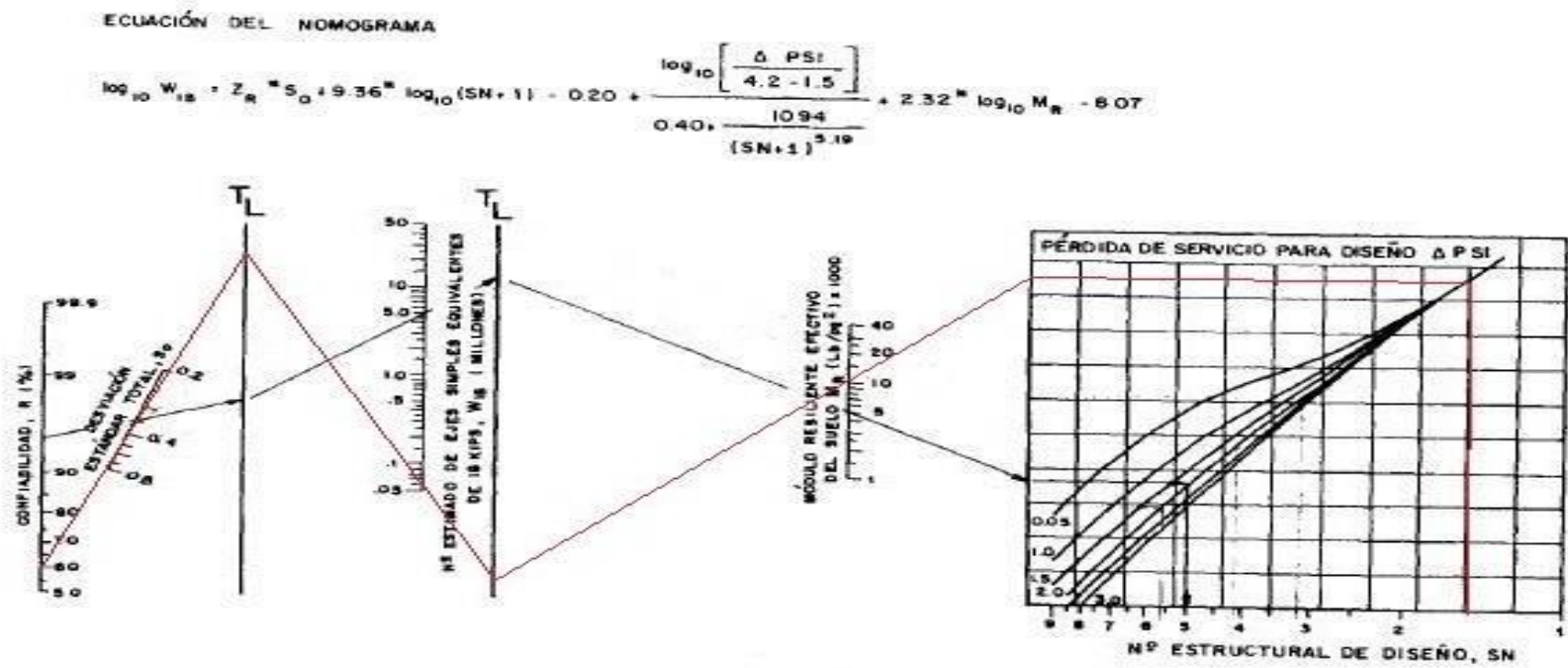


Figura 75. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada. Nota fuente: (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993).

Mediante los valores anteriores, y guiándonos con la gráfica de diseño obtuvimos así un $\Delta = 1.6$.

Determinación de Δ_{PSI} (Base) a partir de: $\Delta_{PSI} = 0.064575 \times 10^6$, $\Delta_{PSI} = 60\%$, $\Delta_{PSI} = 0.45$, $\Delta_{PSI} = 28400$, $\Delta_{PSI} = 2.2$

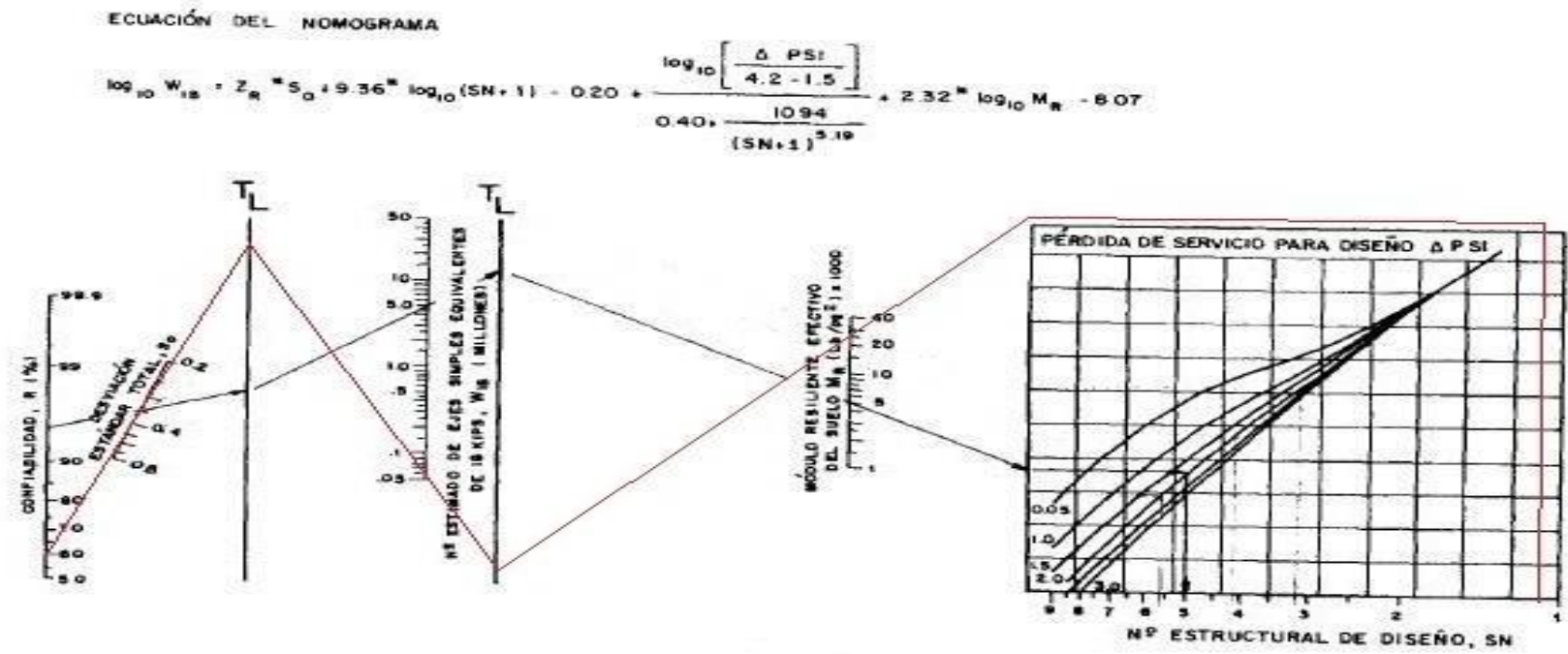


Figura 76. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada. Nota fuente: (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993).

Mediante los valores anteriores, y guiándonos con la gráfica de diseño obtuvimos así un $\Delta_{PSI} = 1.1$.

Determinación de Δ (sub-base) a partir de: $\sigma_{18} = 0.064575 \times 10^6$, $\sigma_0 = 60\%$, $\sigma_0 = 0.45$, $\Delta = 17500 \frac{\sigma_0}{\sigma_0^2} \Delta \sigma_0 = 2.2$

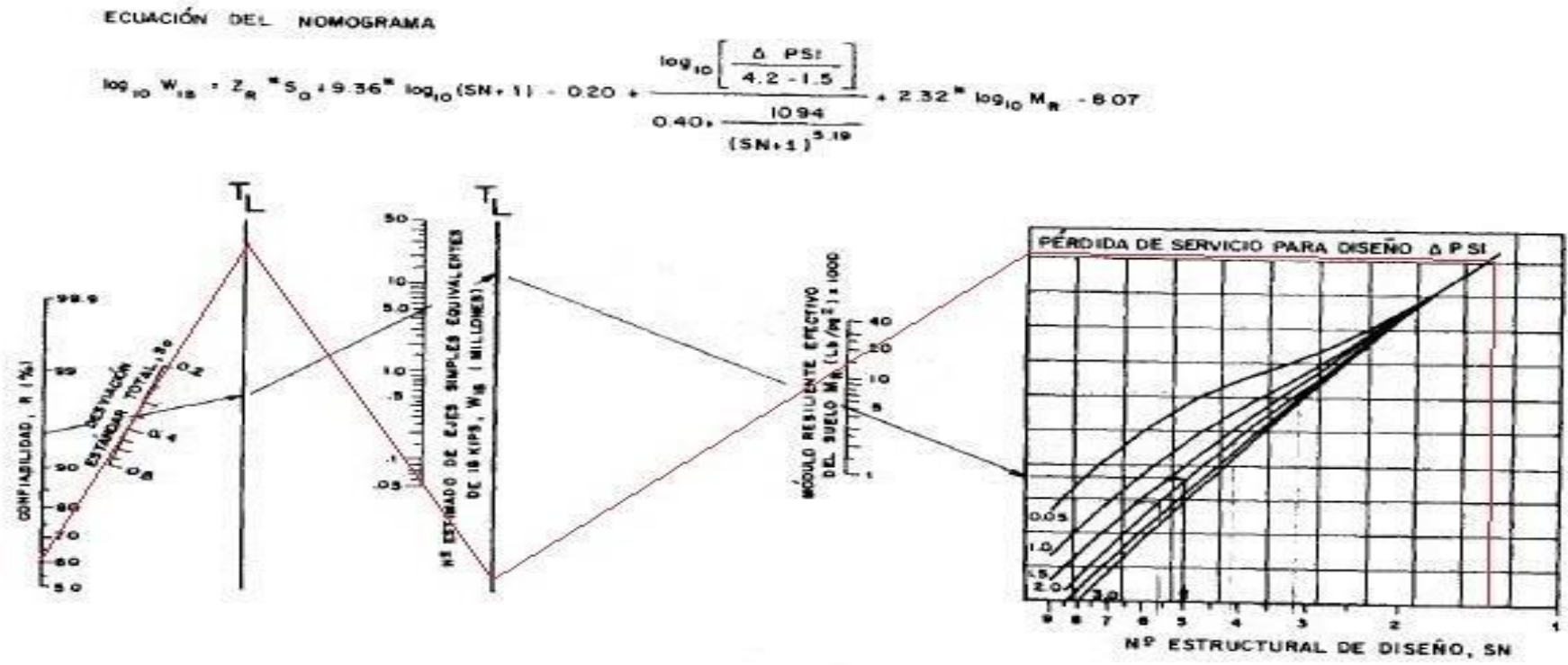


Figura 77. Grafica de diseño para pavimento flexible basada en valores promedio de los diferentes datos de entrada. Nota fuente: (AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, 1993).

Mediante los valores anteriores, y guiándonos con la gráfica de diseño obtuvimos así un $\sigma_0 = 1.4$.

Como último paso para el cálculo de los espesores del pavimento que conformaran la estructura, es reemplazar cada uno de los datos que se obtuvieron anteriormente en las siguientes expresiones matemáticas, además de cumplir con lo que dice la siguiente figura:

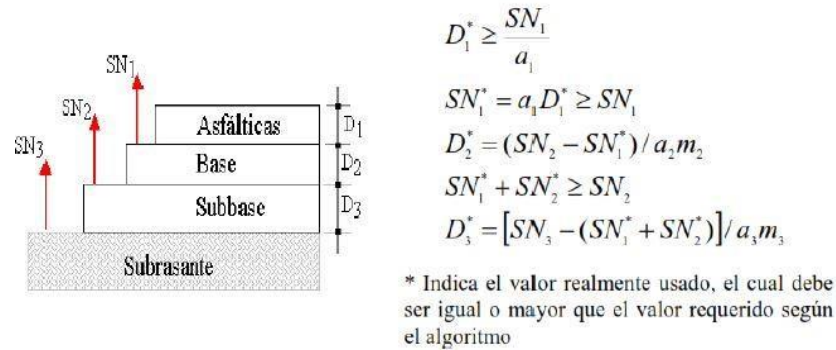


Figura 78. Capas pavimento flexible.

Nota fuente: Diseño de pavimento flexible (Lina Monsalve, Laura Giraldo, Jessyca Maya, 2012).

• Cálculo del espesor de la carpeta asfáltica: Luego de obtenido el número estructural de la carpeta asfáltica $\square_1 = 0.45$ y el número estructural $\square_{\square_1} = 1.1$, reemplazamos en la siguiente expresión:

$$\square_{\square_1} = \square_1 * \square_1$$

Sabiendo que \square_1 es el espesor de la carpeta asfáltica, despejamos y obtenemos:

$$\square_1 = \frac{\square_{\square_1}}{\square_1}$$

Reemplazando, tenemos que:

$$\square_1 = \frac{1.1}{0.45}$$

$$\square_1 = 2.44 = 3 \square \square \square \square.$$

Al aproximar el espesor de 2.55 pulgadas a 3 pulgadas, debemos recalcular el número estructural \square_{\square_1} de la siguiente manera:

$$\square_{\square_1}' = \square_1 * \square_1$$

Reemplazando el espesor aproximado de 3 pulgadas y el coeficiente estructural α_1 tenemos que:

$$\alpha_{\alpha 1} = 0.45 * 3$$

$$\alpha_{\alpha 1}' = 1.35$$

• Calculo del espesor de la base granular: obtenidos el coeficiente estructural de la base granular $\alpha_2 = 0.134$ y el numero estructural $\alpha_{\alpha 2} = 1.4$, se procede a realizar el siguiente calculo:

Al tener un nuevo número estructural $\alpha_{\alpha 1}'$ y sabiendo que esto se produjo por aproximar el espesor de la carpeta asfáltica a un número entero, con el fin de realizar un proceso constructivo de la manera más sencilla y eficaz, se debe calcular por ende un nuevo número estructural $\alpha_{\alpha \alpha \alpha \alpha}$ de la siguiente forma:

$$\alpha_{\alpha \alpha \alpha \alpha} = \alpha_{\alpha 2} - \alpha_{\alpha 1}'$$

Reemplazando los valores anteriores, se obtiene:

$$\alpha_{\alpha \alpha \alpha \alpha} = 1.4 - 1.35$$

$$\alpha_{\alpha \alpha \alpha \alpha} = 0.05$$

Sabiendo una vez más que:

$$\alpha_{\alpha \alpha \alpha \alpha} = \alpha_2 * \alpha_2 * \alpha_2$$

Reemplazamos y despejamos el espesor de la base granular α_2 , por tanto:

$$\sigma_2 = \frac{0.05}{0.134 * 1.2}$$

$$\sigma_2 = 0.31$$

Al comparar el espesor de la base granular obtenido mediante cálculos, con el espesor mínimo recomendado por el libro ingeniería de pavimentos de carreteras escrito por el autor (Alfonso Montejó Fonseca, 2002), y observando la diferencia que existe con el espesor mínimo requerido nos dirigimos a la siguiente tabla, con el fin de asumir un espesor para la base granular, que cumpla con las normas técnicas.

Tabla 34.
Espesores mínimos en carpeta asfáltica y base granular.

N (mm ²)	Espesores mínimos (pulgadas)	
	Capas asfálticas	Base granular
<0.05	1.0 o TSD	4.0
0.05-0.15	2.0	4.0
0.15-0.50	2.5	4.0
0.50-2.00	3.0	6.0
2.00-7.00	3.5	6.0
>7.00	4.0	6.0

Nota fuente: ingeniería de pavimentos de carreteras (Alfonso Montejó Fonseca, 2002).

De esta manera comparando los resultados con la tabla, escogemos un espesor mínimo para la base granular de $\sigma_2 = 4$ pulgadas.

Reemplazando el espesor aproximado de 4pulgadas y el coeficiente estructural σ_2 tenemos que:

$$\sigma_2 = 0.134 * 4 * 1.2$$

$$\sigma_2 = 0.64$$

Por último, se realiza el cálculo del Numero estructural de la sub-base granular (SN_{s-b}).

$$SN_{Sub-base} = \frac{1}{3} - (\frac{1}{1} + \frac{1}{10000})$$

$$SN_{Sub-base} = 1.6 - (1.35 + 0.65)$$

$$SN_{Sub-base} = -0.4$$

De esta manera podemos decir que en la estructura del pavimento no requerirá de ninguna sub-base granular y por tanto, teniendo en cuenta cada una de las condiciones que presenta la zona de estudio fue la siguiente:

Tabla 35.
Resumen de parámetros estructura del pavimento.

Capa	mi	ai	Espesor (Pulg)	Espesor (Cm)	Numero estructural
Concreto asfaltico	1.0	0.45	3	8	1.35
Base Granular	1.2	0.134	4	10	0.64
Total			7	18	1.99

Nota fuente: Autores, 2017.

A continuación se muestra el detalle de la estructura del pavimento final.

DETALLE PAVIMENTO FLEXIBLE

ESC: 1 _____ 10

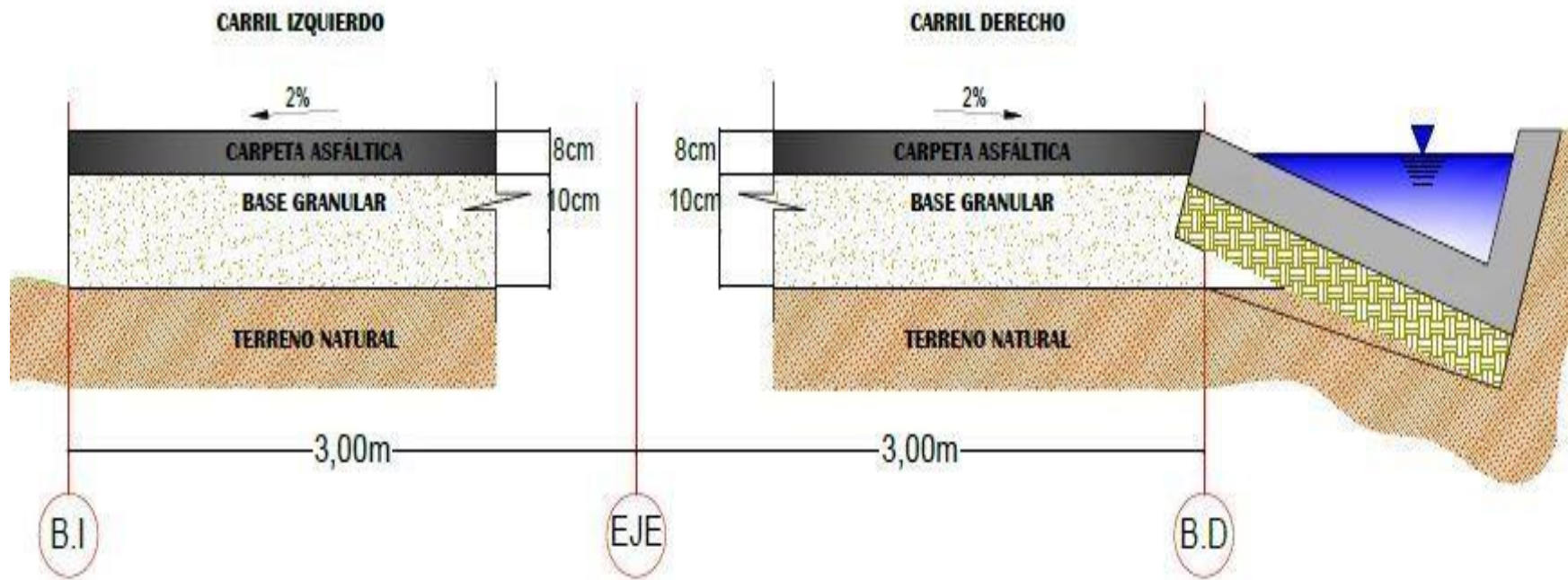


Figura 79. Espesores finales del pavimento flexible.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017

4.3. Elaborar un rediseño geométrico en planta, en perfil y secciones transversales con sus respectivas obras complementarias de la red vial que comunica al Municipio de La Playa de Belén, Con el corregimiento de Aspásica, Norte de Santander En el tramo comprendido entre el PR19+000 y el PR23+000.

En aras de mejorar el estado de la vía rural que del municipio de La Playa de Belén conduce al Corregimiento de Aspásica, se realizó el presente estudio para el trazado y diseño geométrico de la vía antes mencionada, buscando así dar continuidad a la política de viabilidad y transporte del Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Aspásica, contando con aproximadamente 4000 metros de longitud.

Por esta razón, como objetivo principal radica en el estudio del diseño en planta de la vía a partir de la toma de topografía de la zona del proyecto, limitada por la vía existente y los linderos (casas) de los predios a lado y lado del mismo. También se acompaña del diseño de la rasante o diseño en perfil, que debe ser ajustado siguiendo los parámetros de pendientes que arroje el levantamiento topográfico. El diseño transversal de la vía está sujeto, así como lo anterior, a las disposiciones de los términos de referencia del contrato en cuanto a especificaciones técnicas, dimensiones mínimas, entre otros.

A continuación se describe cada una de las actividades realizadas tanto en campo, como en oficina, esto con el fin de realizar un diseño geométrico que garantice el buen funcionamiento de la vía y de esta manera generar una mejor calidad de vida para toda la población beneficiada:

Trabajos topográficos: Los trabajos de campo consistieron en el levantamiento de la información detallada para el diseño geométrico de la vía. Estos comprendieron principalmente en trabajos de orden topográfico y de verificación de la información disponible en el corredor vial, [Ver Apéndice B](#).

- **Planimetría y Altimetría:** Para la realización de la toma de topografía se utilizó una poligonal abierta, con la utilización de una estación total, de la cual se obtuvieron puntos con coordenadas planimétricas y elevación (cotas). A partir de cada delta se tomaron, por radiación con la estación total, todos los detalles de interés para el estudio como los bordes izquierdo y derecho de la vía existente, andenes, cunetas, box culvert e intersecciones de las vías, a continuación se pueden apreciar ciertos puntos obtenidos a partir del levantamiento topográfico realizado:

Tabla 36.
Resumen de cartera topográfica (vía hacia Aspásica).

<u>Norte</u>	<u>Este</u>	<u>Altura</u>
913225.87	696746.42	1616.98
913291.37	696739.86	1615.11
913437.34	696761.12	1601.10
913559.61	696926.53	1637.17
914029.31	697223.82	1577.14
914209.08	697505.30	1557.07
914517.52	697710.92	1580.41
914561.03	697778.98	1591.78
914886.75	697871.84	1585.05
915689.07	698577.44	1569.48

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Los datos arrojados por la estación total esta definidos por coordenadas (X, Y, Z) ò cartera de campo, [Ver Apéndice C](#), con el cual fueron suficientes para la determinación de la topografía,

sin embargo cada delta se niveló con nivel de precisión para ajustar las coordenadas de la nube de puntos.

- Metodología en estudios topográficos: Previamente a las actividades de campo por parte de la comisión de topografía se realizó la inspección de la zona del proyecto, inspección que se repitió durante y después de dichas actividades. Tanto el procedimiento como recursos empleados para la realización del levantamiento topográfico se describe a continuación.

Procedimiento: El levantamiento topográfico general se efectuó con una comisión de topografía dirigida por el topógrafo jefe, dotada de una estación total con carterá electrónica incorporada y software. Además la nivelación de los deltas se realizó con la misma comisión de topografía que conto con nivel automático.

Recursos empleados: como recursos humanos se tuvo presente (Estudiantes de Ingeniería Civil, Topógrafo y Comisión topográfica), y en lo relacionado a equipos se utilizó (Estación con accesorios, computadores, radios portátiles).

- Cálculos y dibujos: Luego del levantamiento topográfico de campo se realizaron los planos definitivos por medio de programas tales como AutoCAD y CivilCAD y como parte en el procesamiento de la información obtenida se empleó Microsoft Word y Microsoft Excel. Una vez obtenidos todos los datos requeridos para el diseño se prosigue a:

4.3.1. Diseño geométrico vía La playa de Belén-Corregimiento de Aspásica:

El proyecto contempla en general el estudio y diseño del mejoramiento de las características geométricas de la vía que pertenece a la red rural del municipio La Playa de Belén, el diseño se realiza bajo las especificaciones dispuestas en los manuales técnicos para vías (INVIAS).

4.3.1.1. Diseño geométrico en planta (Curvas horizontales):

De acuerdo a lo propuesto por (INVIAS, 2008) recomienda que para el diseño en planta, los elementos geométricos de la carretera deben estar convenientemente relacionados, para garantizar una operación segura, a una velocidad de operación continua y acorde con las condiciones generales de la vía.

Lo anterior se logra haciendo que el proyecto sea gobernado por un adecuado valor de velocidad de diseño; y, sobre todo, estableciendo relaciones cómodas entre este valor, la curvatura y el peralte. Se puede considerar entonces que el diseño geométrico propiamente dicho se inicia cuando se define, dentro de criterios técnico – económicos, la velocidad de diseño para cada Tramo homogéneo en estudio.

Dándole continuidad al diseño geométrico en planta, se establece la velocidad homogénea del tramo V_{tramo} , la cual está directamente relacionada con la clasificación de la vía, por tanto está

clasificada como una carretera de tipo rural, la cual consta de una sola calzada de dos carriles, una por sentido y con intersecciones a nivel, además se considera como una vía de terreno ondulado con moderados movimientos de tierra, en el cual, un buen diseño horizontal y vertical obliga a los vehículos pesados a reducir sus velocidades significativamente por debajo de las de los vehículos livianos, sin que esto los lleve a operar a velocidades sostenidas en rampa por tiempo prolongado.

De esta manera se logra entonces con lo mencionado anterior mente, establecer la velocidad homogénea del tramo, En la tabla número 7 (valores homogéneos para los tramos de diseño) se obtuvo un valor de diseño de 40 km/h como consideración inicial de diseño. A continuación se determina parámetros con base en la tabla 7, los cuales son:

Peralte máximo e_{max} : en carreteras terciarias, especialmente en terreno montañoso y escarpado como es el caso presente en la zona de estudio, es difícil disponer de longitudes de entre tangencias amplias, por lo que no es fácil hacer la transición de peralte. Por lo anterior se considera que el peralte máximo más adecuado para este caso es de seis por ciento $e_{max} = 6\%$.

Fricción transversal máxima f_{trans} : Está determinada por numerosos factores, entre los cuales: el estado de la superficie de rodadura, la velocidad del vehículo y el tipo y condiciones de las llantas de los vehículos. Por tal razón se adoptan los valores del coeficiente de fricción transversal máxima indicados por los estudios recientes de la AASHTO, en siguiente tabla:

Tabla 37.
Coefficiente de fricción transversal máxima.

Velocidad específica □□□(km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Coefficiente de fricción transversal máxima □□□□	0.35	0.28	0.23	0.19	0.17	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

Teniendo una velocidad específica en el tramo de 40 km/h, se obtiene mediante la tabla anterior un valor de □□□□=0.23.

Radio de curvatura mínimo □□□□ : El radio mínimo es el valor límite de curvatura para una velocidad específica de acuerdo con el peralte máximo y el coeficiente de fricción transversal máxima. Por tanto, a partir de la siguiente tabla con un peralte máximo del 6% se logra obtener dicho parámetro:

Tabla 38.
Radios mínimos para peralte máximo y fricción máxima.

Velocidad Específica □□□(km/h)	Peralte Máximo %	Coeficiente de Fricción Transversal □□□□	Total □□□□ + □□□□	Radio Mínimo	
				Calculado	Redondeado
20	6.0	0.35	0.41	7.7	15
30	6.0	0.28	0.34	20.8	221
40	6.0	0.23	0.29	43.4	43
50	6.0	0.19	0.25	78.7	79
60	6.0	0.17	0.23	123.2	123

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

A partir de cada uno de los valores anterior mente hallada, se logra obtener el Radio de curvatura mínimo □□□□=43□.

En cuanto al bombeo normal de la vía en estudio y basándonos en el manual de INVIAS para el diseño geométrico de carreteras se escoge el bombeo mínimo recomendado del 2%, en el cual la carpeta de rodadura será un pavimento flexible.

De acuerdo con los parámetros anteriores, se asumió por parte del diseñador cambiar el radio de curvatura mínimo $R_{\min} = 43 \text{ m}$ a un radio de curvatura de $R = 80 \text{ m}$ el cual es superior al exigido por el manual de (INVIAS, 2008), evitando así utilizar el radio mínimo para garantizar seguridad, comodidad del usuario, las distancias de parada y de adelantamiento, cabe destacar que en el diseño en planta se tuvo en cuenta curvas de empalme circular simple, con el objeto de permitir una transición suave al pasar de alineamientos rectos a curvas.

Empleando ciertas expresiones matemáticas dadas por el manual de INVIAS, se calcula cada uno de los elementos requeridos para el diseño de las curvas horizontales:

Calculo de elementos para la curva 1: basándose en el método de curvas circulares simples se obtiene los siguientes parámetros:

Datos de entrada:

$$\Delta = 89^\circ$$

$$R = 80 \text{ m}$$

$$L = 10 \text{ m}$$

A partir de los datos escritos anteriormente se calcula cada uno de los elementos a continuación:

Tangente de la curva:

$$T = R \cdot \tan(\Delta/2)$$

Reemplazando en la ecuación se tiene:

$$T = 80 \cdot \tan(89^\circ/2)$$

$$T = 78.616$$

Externa de la curva:

$$E = T \cdot \tan(\Delta/4)$$

Reemplazando tangente de la curva, se obtiene:

$$E = 78.616 \cdot \tan(89^\circ/4)$$

$$E = 32.16$$

Mediana de la curva:

$$M = R \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{\Delta}{2}\right)\right)$$

$$M = 80 \cdot \left(1 - \cos\left(\frac{89^\circ}{2}\right)\right)$$

$$M = 112.162$$

Cuerda larga de la curva:

$$L = 2 \cdot R \cdot \sin\left(\frac{\Delta}{2}\right)$$

$$L = 2 \cdot 80 \cdot \sin\left(\frac{89^\circ}{2}\right)$$

$$\Delta = 112.145$$

Grado de curvatura de la curva:

$$\Delta = 2 * \Delta \left(\frac{10}{2 * 80} \right)$$

$$\Delta = 7.166$$

Longitud de la curva por el sistema cuerda-grado:

$$L = (\Delta * \Delta) / \Delta$$

$$L = (10 * 89^\circ) / 7.166$$

$$L = 124.66$$

Para el cálculo de las siguientes 9 curvas horizontales, se realizó con el mismo procedimiento descrito anteriormente. Por tanto, una vez realizado los cálculos de todas las curvas obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 39.
Resultados elementos curvas horizontales.

ELEMENTOS DE CURVAS HORIZONTALES								COORDENADAS	
PI	Δ	D/I	Azimut	Radio	Δ	PC	PT	N-S	E-W
0						K0+000		913235.3	696746.61
1	89°	D	1°0'00"	80	123.66	K0+256.34	K0+380.0	913571.1	696752.91
2	78°24'8"	I	90°42'35"	80	109.27	K0+628.78	K0+738.05	913566.3	697144.72
3	23°49'54"	I	192°9'25"	80	49.16	K0+890.84	K0+940	913804.5	697197.36
4	112°0'37"	D	156°14'52"	80	137.17	K1+049.73	K1+118.39	914023.1	697101.16
5	80°18'2"	I	268°21'3"	80	111.45	K1+379.21	K1+490.66	914032.3	697464.54
6	42°52'17"	D	138°22'34"	80	81.66	K1+735.49	K1+817.15	914383.4	697518.28
7	41°29'57"	I	235°10'44"	80	73.36	K2+049.29	K2+122.65	914561.03	697776.88
8	27°28'3"	D	193°40'6"	80	70.9	K2+531.58	K2+602.48	915031.4	697889.43
9	47°26'25"	D	220°13'54"	80	94.96	K2+896.05	K2+991.01	915323.02	698138.72
10	75°49'57"	I	289°13'18"	80	105.67	K3+050.17	K3+155.84	915267.3	698304.87

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

Para apreciar con más detalle los planos del diseño geométrico, [Ver Apéndice D](#).

4.3.1.2. *Diseño geométrico en perfil (curvas verticales):*

El alineamiento vertical está compuesto por un conjunto de rectas enlazadas por arcos parabólicos, a los que dichas rectas son tangentes. El grado de inclinación de cada tangente vertical y la longitud de las curvas está sujeto principalmente a factores como: la topografía, del alineamiento horizontal, de la visibilidad, de la velocidad del proyecto, además de los costos de operación y construcción de la obra.

Es por esta razón que el proyecto en estudio donde abarca el tramo del PR19+000 hasta el PR23+000 se basa en rasantes largas con un ajuste óptimo de las curvas verticales y horizontales a las condiciones propias del tránsito y de las características del terreno, buscando de esta manera que el proyecto sea lo suficientemente factible en la etapa de operación al igual que en la etapa de su construcción. Por tanto para la realización del diseño geométrico La Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, se ajusta a todos los alineamientos recomendados por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS).

Para el diseño de las curvas verticales, se tuvo presente dos variables que juegan un papel importante en cuanto al buen funcionamiento de la vía, estas variables son: longitud mínima y pendiente máxima, ya que estas garantizan una mayor seguridad y comodidad al momento de emplearlas, al igual que brindar una excelente funcionalidad en cuanto a criterios de drenaje.

Pendiente máxima $\square_{\square\square}$: La pendiente máxima de una tangente vertical está directamente relacionada con la velocidad a la que transitan los vehículos, es así que dicha velocidad tiene una alta incidencia en cuanto a la vía a diseñar. Para el caso en estudio, al encontrarse catalogada en una vía terciaria, el manual de diseño de carreteras, recomienda estar en velocidades de 20-60km/h, con la necesidad de minimizar al máximo movimientos de tierra. Para la escogencia de la velocidad homogénea del tramo y siendo congruentes con la velocidad escogida en el diseño de las curvas horizontales se continúa con una $\square_{\square} = 40 \square_{\square}/h$. A través de la siguiente tabla, se escoge la pendiente máxima recomendada por el manual.

Tabla 40.

Pendiente Media Máxima del corredor de ruta (%) en función de la Velocidad de Diseño del Tramo homogéneo (VTR).

Categoría de la carretera	Velocidad de diseño del tramo homogéneo									
	\square_{\square} (km/h)									
	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
Primaria de dos calzadas	-	-	-	-	-	6	6	6	5	5
Primaria de una calzada	-	-	-	7	7	7	6	6	5	-
Secundaria	-	-	7	7	7	7	6	-	-	-
Terciaria	7	7	7	-	-	-	-	-	-	-

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

A partir de la tabla anterior se obtiene la pendiente máxima recomendada, la cual es $\square_{\square\square} = 7\%$

Longitud mínima $\square_{\square\square}$: En cuanto a la escogencia de la longitud mínima para una velocidad del tramo homogéneo menor o igual a la $\square_{\square} = 40 \square_{\square}/h$, se tiene la siguiente tabla:

Tabla 41.

Longitud mínima de la tangente vertical.

Velocidad específica de la tangente vertical (km/h)	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Longitud mínima de la tangente vertical (m)	40	60	80	140	170	195	225	250	280	305	335	360

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

Según lo arrojado por la tabla anterior, se obtiene una longitud mínima de la tangente vertical de 80m, aun así, por criterio del diseñador se opta por asumir una longitud mínima de 300m esto con el objetivo de evitar en lo posible cambios bruscos en la curvatura, al igual que garantizar la visibilidad de parada, algo fundamental en cuanto a seguridad vial.

Continuando con el cálculo para el diseño geométrico vertical y estableciendo curvas verticales simétricas como guía en cada una de las curvas a diseñar se procede a calcular cada uno de los elementos que la componen:

Calculo de elementos curva vertical 1: basándonos en curvas verticales simétricas se obtienen los siguientes parámetros:

Datos de entrada:

$$L = 300$$

$$\text{Pendiente de entrada } g_1 = -11.10\%$$

$$\text{Pendiente de salida } g_2 = 2.40\%$$

Diferencia algebraica de pendientes:

$$A = |g_1 - g_2|$$

$$A = |-11.10\% - 2.40\%|$$

$$A = 13.5\%$$

Ordenada vertical Externa:

$$e = \frac{A * L}{800}$$

$$e = \frac{13.5\% * 300}{800}$$

$$x = 5.06$$

Distancia horizontal X:

$$x = 30x$$

Ordenada vertical Y:

$$y = x^2 * \left(\frac{1}{200 * x} \right)$$

$$y = 3x^2 * \left(\frac{13.5\%}{200 * 300} \right)$$

$$y = 0.2025x$$

A partir de los elementos calculados obtenemos:

$$PCV = K0 + 048,29$$

$$PIV = K0 + 198.29$$

$$PTV = K0 + 398.29$$

$$\text{CotaPCV} = 1612.65\text{m}$$

$$\text{CotaPIV} = 1596\text{m}$$

$$\text{CotaPTV} = 1599.6\text{m}$$

A continuación se muestra la tabla de resultados para la curva 1 a partir de toda la información antes hallada:

Tabla 42.
Elementos y cotas de la curva vertical 1.

Abscisa	Pendiente	Cota en la tangente	Corrección por pendiente	Cotas rojas
K0+048.29	11.1	1612.65	-	1612.65
K0+078.29	11.1	1609.32	0.2025	1609.12
K0+108.29	11.1	1605.99	0.81	1605.18
K0+138.29	11.1	1602.66	1.82	1600.33
K0+168.29	11.1	1599.33	3.24	1596.09
K0+198	-	1596	5.06	1590.94
K0+228.29	2.4	1596.72	3.24	1593.48
K0+258.29	2.4	1597.44	1.82	1595.62
K0+288.29	2.4	1598.16	0.81	1596.35
K0+318.29	2.4	1598.88	0.2025	1598.68
K0+348.29	2.4	1599.6	-	1599.6

Nota fuente: Autores, 2017.

Calculo de elementos curva vertical 2:

$$PCV = K0 + 588.05 \text{ PIV}$$

$$= K0 + 738.05 \text{ PTV} =$$

$$K0 + 888.05 \text{ Cota PCV} =$$

$$1605.36\text{m Cota PIV} =$$

$$1608.96\text{m Cota PTV} =$$

$$1599.15\text{m L} = 300\text{m}$$

$$E = 3.35\text{m}$$

$$\text{Pendiente de entrada } \square_1 = 2.4\%$$

$$\text{Pendiente de salida } \square_2 = -6.54\%$$

A continuación se muestra la tabla de resultados para la curva 2 a partir de toda la información antes hallada:

Tabla 43.
Elementos y cotas de la curva vertical 2.

Abscisa	Pendiente	Cota en la tangente	Corrección por pendiente	Cotas rojas
K0+588.05	2.4	1605.36	-	1605.36
K0+618.05	2.4	1606.08	0.134	1605.94
K0+648.05	2.4	1606.8	0.536	1606.26
K0+678.05	2.4	1607.52	1.207	1606.33
K0+708.05	2.4	1608.24	2.145	1606.09
K0+738.05	-	1608.96	3.353	1605.61
K0+768.05	6.54	1606.99	2.145	
K0+798.05	6.54	1605.04	1.207	1603.83
K0+828.05	6.54	1603.07	0.536	1602.54
K0+858.05	6.54	1601.11	0.134	1600.98
K0+888.05	6.54	1599.15	-	1599.15

Nota fuente: Autores, 2017.

Calculo de elementos curva vertical 3:

$$PCV = K1 + 422.09 \text{ PIV}$$

$$= K1 + 572.09 \text{ PTV} =$$

$$K1 + 722.09 \text{ CotaPCV} =$$

$$1564.12\text{m CotaPIV} =$$

$$1554.31\text{m CotaPTV} =$$

$$1558.96\text{m L} = 300\text{m}$$

$$E = 3.615\text{m}$$

$$\text{Pendiente de entrada } \square_1 = -6.54\%$$

$$\text{Pendiente de salida } \square_2 = 3.1\%$$

A continuación se muestra la tabla de resultados para la curva 3 a partir de toda la información antes hallada:

Tabla 44.
Elementos y cotas de la curva vertical 3.

Abscisa	Pendiente	Cota en la tangente	Corrección por pendiente	Cotas rojas
K1+422.09	6.54	1564.12	-	1564.12
K1+452.09	6.54	1562.16	0.145	1562.01
K1+482.09	6.54	1560.20	0.578	1559.62
K1+512.09	6.54	1558.23	1.301	1556.93
K1+542.09	6.54	1556.27	2.314	1553.96
K1+572.09	-	1554.31	3.615	1550.7
K1+602.09	3.1	1555.24	2.314	1552.93
K1+632.09	3.1	1556.17	1.301	1554.87
K1+662.09	3.1	1557.1	0.578	1556.52
K1+692.09	3.1	1558.03	0.145	1557.89
K1+722.09	3.1	1558.96	-	1558.96

Nota fuente: Autores, 2017.

Calculo de elementos curva vertical 4:

$$PCV = K2 + 760.83$$

$$PIV = K2 + 910.83$$

$$PTV = K3 + 060.83$$

$$CotaPCV=1591.35m$$

$$Cota PIV = 1596m$$

$$CotaPTV = 1590.12m L$$

$$= 300m$$

$$E = 2.632m$$

$$Pendiente de entrada \square_1 = 3.1\%$$

$$Pendiente de salida \square_2 = -3.92\%$$

A continuación se muestra la tabla de resultados para la curva 4 a partir de toda la información antes hallada:

Tabla 45.
Elementos y cotas de la curva vertical 4.

Abscisa	Pendiente	Cota en la tangente	Corrección por pendiente	Cotas rojas
K2+760.83	3.1	1591.35	-	1591.35
K2+790.83	3.1	1592.28	0.105	1592.17
K2+820.83	3.1	1593.21	0.421	1592.79
K2+850.83	3.1	1594.14	0.948	1593.19
K2+880.83	3.1	1595.07	1.685	1593.39
K2+910.83	-	1596	2.632	1593.37
K2+940.83	3.92	1594.82	1.685	1593.14
K2+970.83	3.92	1593.65	0.948	1592.70
K3+000.83	3.92	1592.47	0.421	1592.05
K3+030.83	3.92	1591.30	0.105	1591.19
K3+060.83	3.92	1590.12	-	1590.12

Nota fuente: Autores, 2017.

En cuanto a los planos del diseño geométrico en perfil, [Ver Apéndice D.](#)

4.3.1.3. Diseño geométrico en sección transversal.

La sección transversal describe los elementos de la carretera en un plano normal a su eje. Tales como calzada, bermas, sobre anchos, cunetas y taludes. A continuación se da a conocer la sección transversal típica de la vía que consta de una calzada compuesta por cuneta a la parte derecha de la carretera desde el tramo PR19+000-PR22+000 y en su parte izquierda no existe ninguna obra de arte, luego del PR22+000-PR23+000 la cuneta se ubica en la parte izquierda y a su derecha la carretera se confina con la estructura del pavimento en forma de terraplén. Las cunetas tienen dimensiones de ancho 1.00m por profundidad esto con la finalidad de evacuar de forma eficiente todas las aguas recolectadas y ser transportadas a ciertos puntos, como lo son las alcantarillas junto a los disipadores de energía, en cuanto al ancho de la vía será de 6.00m según lo recomendado en el manual de (INVIAS, 2008) pues se clasifica como una carretera de tipo terciaria. Además de esto la estructura del pavimento se diseñó siguiendo los lineamientos de la

aashtto 93, con lo cual será un pavimento de tipo flexible y se compone de una carpeta asfáltica, seguido de una base y por último de una sub-base, la cual será soportada por rasante.

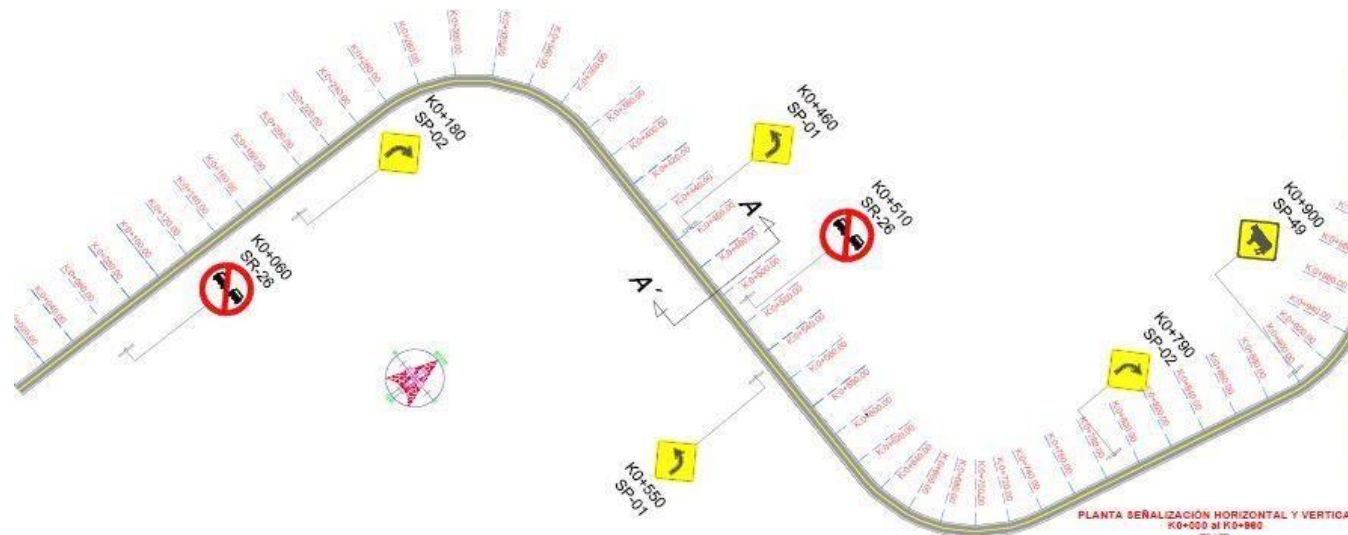
En cuanto a los planos del diseño geométrico en sección transversal, [Ver Apéndice D](#), ya que se relaciona todos los movimientos de tierra referentes a excavaciones y relleno.

4.3.2. Señalización vial en el tramo comprendido PR19+000-PR23+000.

Con miras de mejorar la circulación vehicular en el tramo de estudio, se propone la colocación de ciertas señales de tránsito, como son las de tipo preventivas, informativas y restrictivas, esto con el propósito de garantizar seguridad, fluidez, orden y comodidad.

Es por esta razón que en el estudio de señalización, se propone establecer diferentes señales de tránsito, para lograr así una mejor calidad de circulación vehicular y peatonal, con lo cual se obtenga un corredor vial seguro y precavido al transcurso del mismo, [Ver Apéndice E](#).

A continuación, se anexan los siguientes detalles, con su respectiva señalización en cada uno de los puntos requeridos:



SECCIÓN A-A'

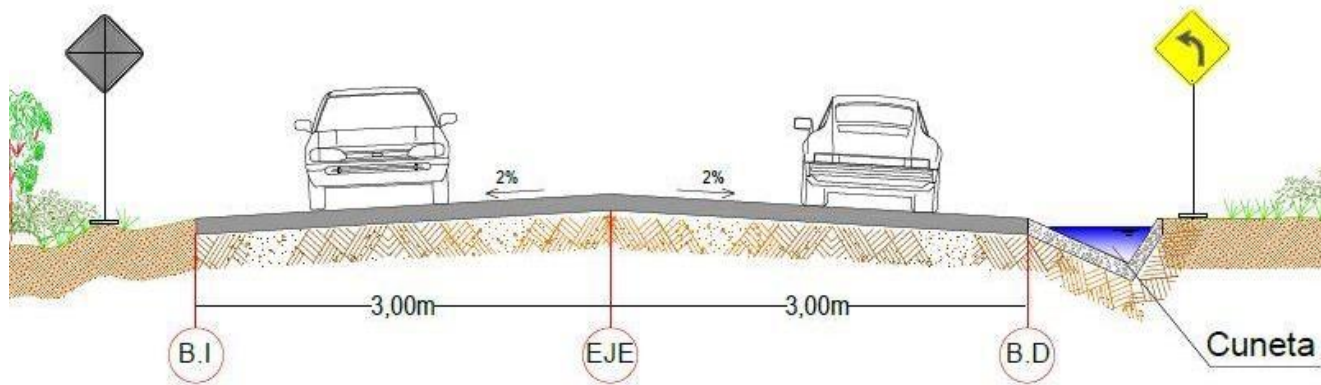


Figura 80. Detalle en planta y en sección transversal, de la señalización requerida en el tramo de carretera.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

4.3.3. Obras complementarias.

Además de poseer un buen diseño en cuanto a lo que se refiere al diseño del pavimento y el diseño del trazado geométrico, es de gran importancia contar con obras complementarias, pues a través de ellas se garantiza conservar en óptimas condiciones el estado de la carretera, ya que brindan proteger la estructura ante los efectos adversos de las aguas superficiales y subterráneas. A continuación se dan a conocer las obras complementarias requeridas en el tramo de estudio:

- **Cunetas:** Con el propósito de diseñar un modelo de cuneta capaz de realizar un adecuado control del flujo del agua, para impedir así filtraciones en la estructura del pavimento que lleguen a deteriorarla y posteriormente desestabilizarla, se establece este tipo de obra de arte al borde de la calzada, con el fin de recolectar y transportar las aguas a ciertos puntos de evacuación de forma eficaz. Cabe resaltar de igual manera que la carretera presenta un bombeo normal del 2% con lo cual ayuda a que las aguas superficiales escurran normalmente hacia las cunetas

- **Alcantarilla:** su principal objetivo es la de evacuar de forma adecuada todas las aguas recolectadas por las cunetas. La alcantarilla tendrá un diámetro igual a 36 pulgadas y con una totalidad en todo el tramo de la vía de 12 alcantarillas.

- **Estabilización de taludes:** al realizar el nuevo trazado de la vía La Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, se generan ciertos cortes en laderas, lo que ocasiona la desestabilización de varios taludes a lo largo de la zona de estudio, pues estos quedarían

descubiertos y muy verticales lo que ayudaría a libre caída de rocas y objetos extraños, por lo que se hace necesario la intervención mediante el método de empadricación, el cual consiste en la protección de taludes de excavaciones y otras áreas afectadas por el proyecto, mediante el empleo de materiales vegetales, como es la semilla de pasto o especies propias de la zona que se adapten fácilmente a ella.

A continuación se logra apreciar los detalles de cada una de las obras complementarias en la vía objeto de estudio y para más detalle, [Ver Apéndice F](#):

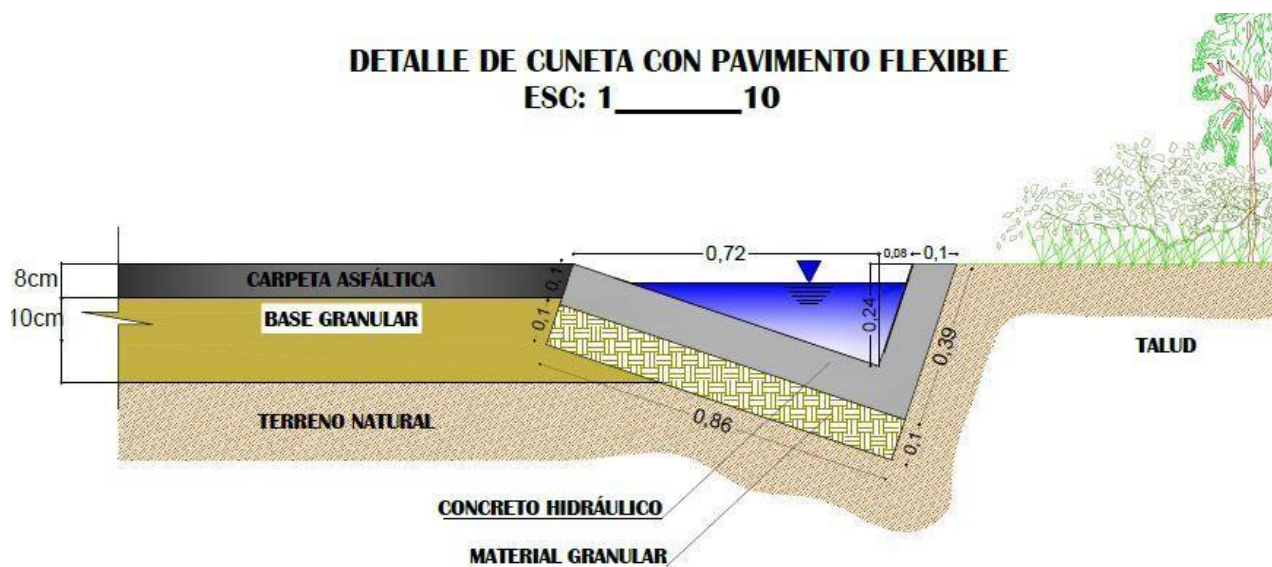


Figura 81. Sección transversal cuneta con respectivas dimensiones.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

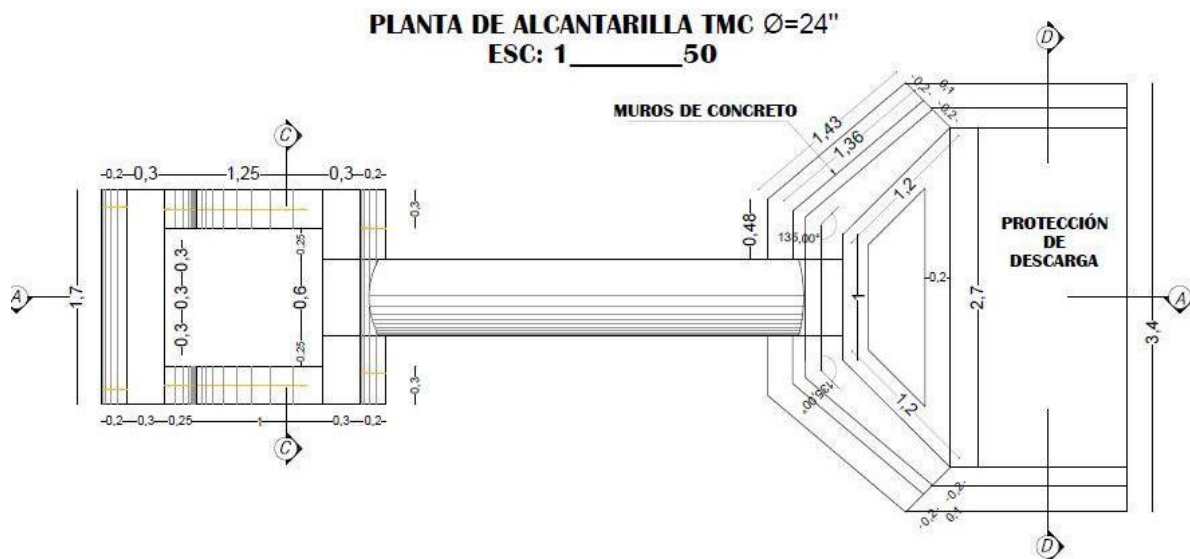


Figura 82. Detalle Alcantarilla en planta con respectivas dimensiones.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

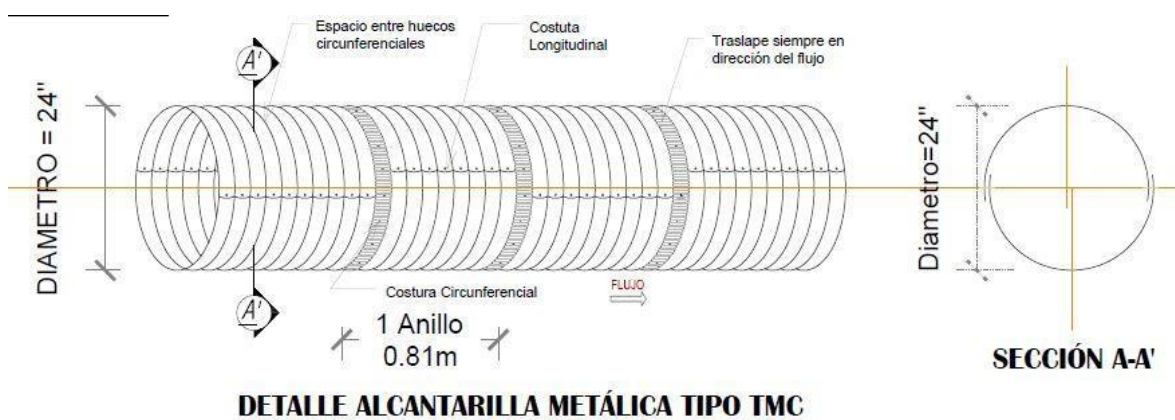


Figura 83. Detalle alcantarilla metálica.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2107.

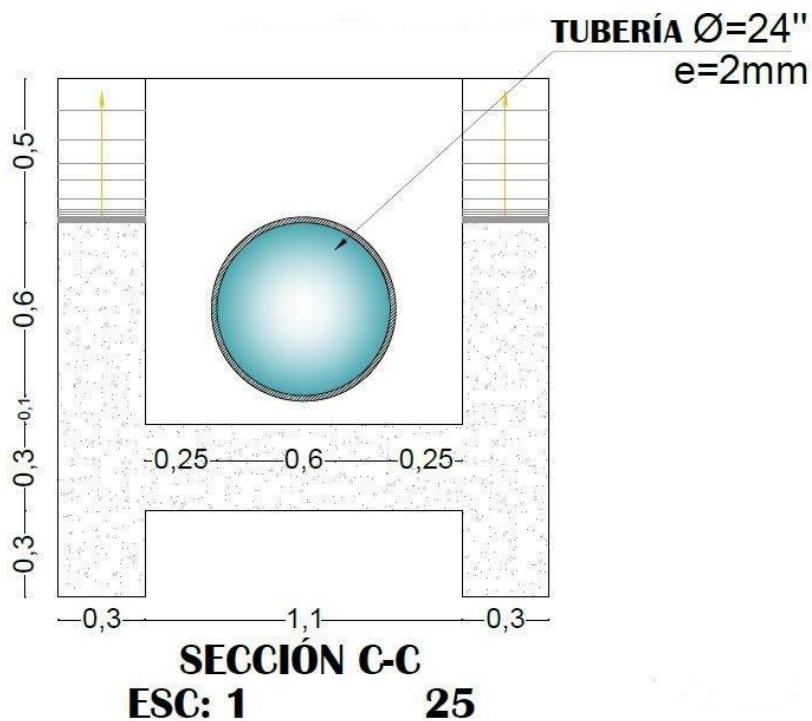


Figura 84. Corte transversal alcantarilla cole.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

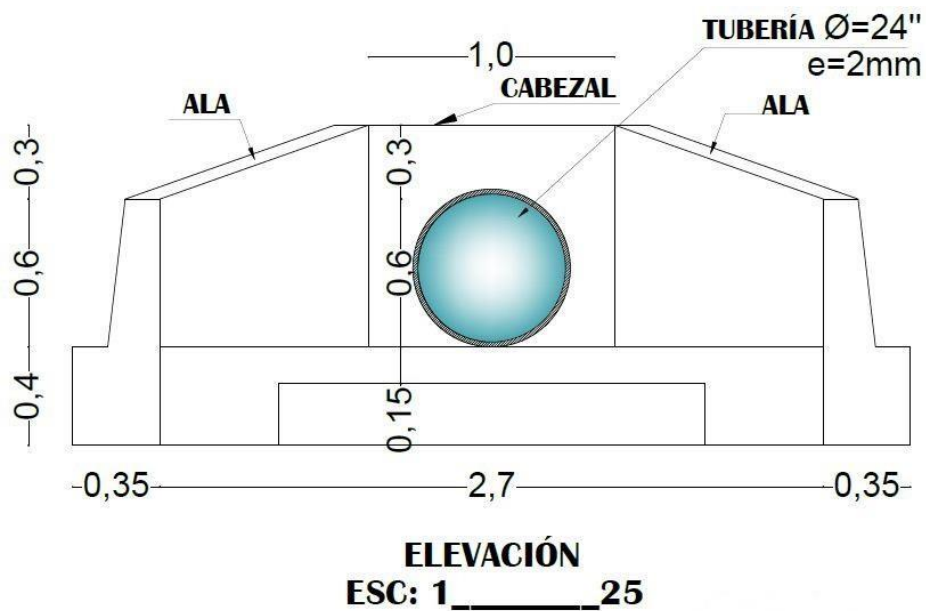


Figura 85. Corte transversal alcantarilla descole.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

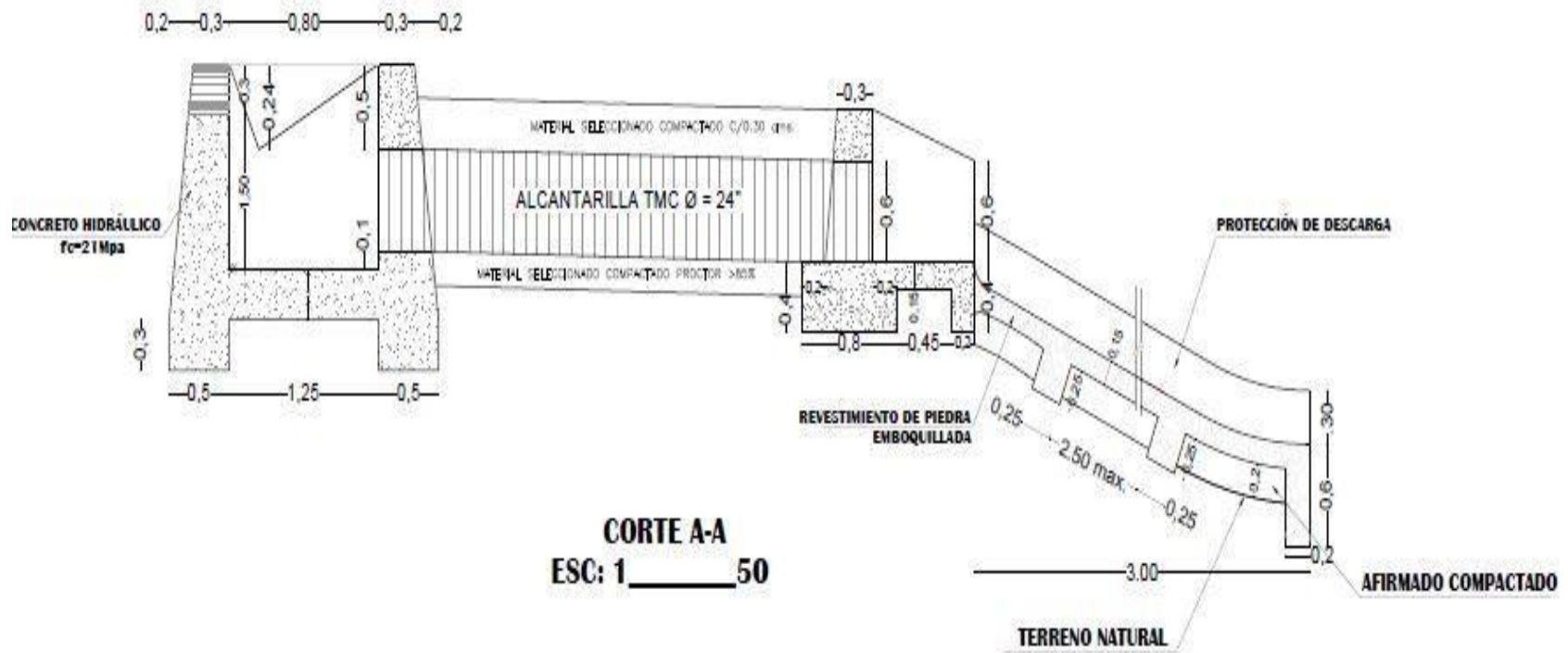


Figura 86. Corte longitudinal alcantarilla.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2107.

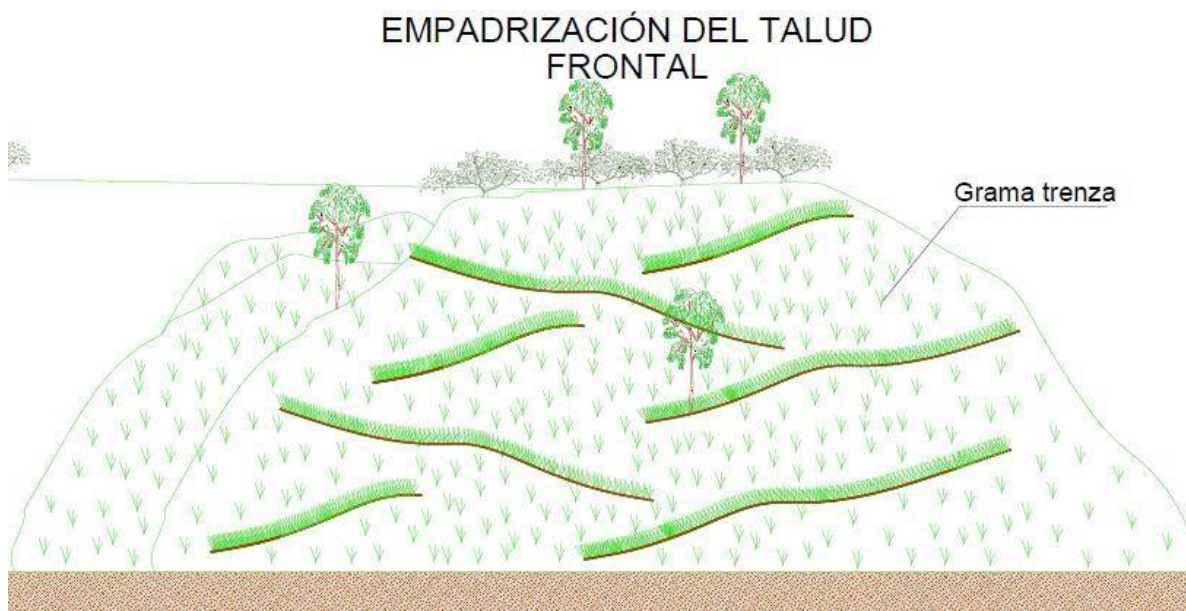


Figura 87. Detalle frontal de empadricación del talud.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.



Figura 88. Detalle en perfil empadricación del talud.

Nota fuente: Autores del proyecto, 2017.

4.4. Desarrollar el presupuesto general que incluya los análisis de precios unitarios de cada actividad del proyecto.

Para la realización del presupuesto del proyecto se realizó la estructura de desarrollo del trabajo (EDT), con los respectivos ítems a desarrollar en orden lógico, además de esto se realizó el cálculo de cantidades de obra a cada una de las actividades correspondientes a ejecutar durante el desarrollo de la misma, y a cada una de estas actividades se le hizo su análisis de precios unitarios (APU) ([Ver apéndice G](#)), donde se incluyen los costos de los materiales, equipos, transporte, y mano de obra (incluidas sus prestaciones salariales), mostrando cada uno de los costos de la actividad por unidad, ya sea en metros cúbicos (m³), metros cuadrados (m²), metros (m), o unidades globales (Und, Glb). Esto para cotizar las obras a realizar.

Además de lo mencionado anteriormente, se hicieron las especificaciones técnicas de cada uno de las actividades a desarrollar, donde se especifica la descripción del trabajo, sus materiales, la mano de obra requerida, el equipo necesario, y la medida y forma de pago del mismo.

4.4.1. Especificaciones Técnicas de Construcción preliminares.

Ítem 1.1 Localización y Replanteo:

Descripción: Se realizara la localización del proyecto guiándose por los planos topográficos y generales del mismo mediante sistemas de precisión que permitan delimitar los puntos auxiliares. La localización se hace basándose en los puntos de control vertical y horizontal que sirvieron de base para el levantamiento mediante el empleo de estación total y

nivel de precisión. El replanteo se ejecuta ciñéndose estrictamente a los planos constructivos suministrados, de acuerdo a las recomendaciones técnicas:

En el replanteo de los ejes se debe demarcar de manera permanente, de forma que sea posible revisarlos en cualquier momento.

Materiales: Se utilizarán los materiales necesarios para un levantamiento topográfico exacto, descritos anteriormente en este documento.

Mano de obra: Para la ejecución de este ítem se contará con dos cuadrillas una compuesta de 1:2 que involucra a un topógrafo y dos cadeneros y cuadrilla 1:1 especializada en esta tipo de actividad.

Equipo: El equipo empleado requiere la aprobación previa del Interventor, teniendo en cuenta que su capacidad y su eficiencia se ajusten al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de esta especificación.

Medida y Pago: La medida y pago será por metro cuadrado (M_2)

Ítem 1.2 Campamento.

Descripción: El Contratista levantará en el sitio de la obra una caseta o construcción provisional, que reúna adecuados requisitos de higiene, comodidad y ventilación, y que ofrezca protección y seguridad contra los agentes atmosféricos.

El campamento estará conformado por oficinas para la dirección de la obra y la Interventoría, un campamento para los trabajadores, un almacén y un depósito para materiales que puedan sufrir pérdidas o deterioro por su exposición a la intemperie. La capacidad del depósito la determinará el flujo de materiales de acuerdo con el programa de trabajo.

El Contratista será responsable ante las autoridades competentes del sitio de las obras del cumplimiento de las normas vigentes y de las sanciones a que se haga acreedor debido a su incumplimiento u omisión. Una vez terminada la obra, el campamento se retirará o demolerá si es del caso y se restituirán las condiciones que existían inmediatamente antes de iniciar las construcciones.

Mano de obra: Para la ejecución de este ítem se contará con una cuadrilla 1:2 especializada en esta tipo de actividad.

Materiales: Se requerirá (Puntillas, Alambre, Zinc 0.3x0.8m, Vara 6m, Cadena)

Equipo: Herramienta menor

Medida y Pago: La realización del campamento, junto con todos los servicios y permisos que este requiera será pagada por unidad global, y derivaran de los costos indirectos del proyecto.

Excavaciones y Relleno.

Ítem 2.1 Excavación en material común.

Descripción: Comprende todas las excavaciones indicadas en los planos para la realización del trazado y la construcción de la vía y todos sus componentes necesarios, estas excavaciones son realizadas en material común seco, y serán depositadas in situ en lugares donde el mismo trazado requiera relleno.

El Contratista deberá consultar y verificar las recomendaciones contenidas en el Estudio de Suelos, y verificar los procesos constructivos contenidos en el Proyecto Estructural, Realizar cortes verticales para excavaciones a poca profundidad.

Materiales: No aplica.

Mano de obra: Se dispondrá de una cuadrilla 1:2

Equipo: Compresor 120 HP, con martillo, Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m³.

Medida y Pago: La unidad de medida será el metro cúbico (m³) de material excavado en posición original, la medida para el pago se hará con base en las áreas de corte de las secciones

transversales del Proyecto localizado y modificado, verificados por el Interventor antes y después de efectuarse los trabajos de excavación.

Ítem 2.2 Terraplenes.

Descripción: Este ítem comprende la realización de los terraplenes estipulados en los planos y las especificaciones con los materiales proveniente de las excavaciones realizadas en el sitio, aprobadas y verificados previamente por el ingeniero interventor.

Los terraplenes se realizarán con material común seco extraído del sitio libre de materiales orgánicos, y sin humedad excesiva.

El terraplén se hará en capas de espesor no mayor de cincuenta (50 cm) antes de la compactación. Cuando sea necesario se humedecerá el material. El relleno compactado deberá tener una densidad uniforme, no inferior al noventa por ciento (90%) de la densidad máxima determinada de acuerdo con el ensayo AASHO T180 (Proctor modificado).

Materiales: No aplica

Mano de obra: Se dispondrá una cuadrilla 1:3

Equipo: Buldócer, Potencia al volante de 140 HP, motor de 2200 RPM, longitud de hoja 4,80m. Carro tanque de agua (1000 Galones). Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton. Vibro-compactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton.

Medida y pago: El terraplén se medirá para su pago por su volumen compactado en metros cúbicos (m³), en su posición final.

Ítem 2.3 Retiro de material.

Descripción: Todo material excavado y extraído del sitio que no se necesite para realización de relleno o ningún otro tipo de obra complementaria será evacuado de la zona hasta el sitio dispuesto por el interventor, donde no ponga en riesgo la integridad de la naturaleza, las personas o la obra misma.

Materiales: No aplica

Mano de obra: Se dispondrá de una cuadrilla 0:2.

Equipo: Volqueta de capacidad de 6m³.

Medida y pago. La medida para esta actividad será en m³ por kilómetro transportado, y para el pago este abarca los costos de movilización, herramienta y disposición final del mismo.

Obras de arte.

Ítem 3.1 Cunetas vaciadas in situ.

Descripción: Las cunetas serán realizadas de acuerdo con los lineamientos y la ubicación propuesta en los planos y diseños del proyecto, de acuerdo a lo especificado en la norma (NTC 4109), Su resistencia será de 21 Mpa (210Kg/cm²), y el tiempo de curado del concreto será de 14 días. Se conformará el terreno de apoyo excavando o llenando hasta la cota indicada para cumplir con la pendiente, dimensiones y diseño señalados en el plano. Todo el material inadecuado será retirado y sustituido por un material granular apropiado, previamente aprobado por la Interventoría. El material de apoyo o base, se compactará dando un acabado fino y firme a la superficie. Se fundirá secciones no mayores a 3 metros de cunetas, donde tengan acabados de manera compacta, lisa y de pendientes uniformes para garantizar el correcto drenaje de la misma. La base para la cuneta será humedecida y apisonada por métodos manuales o mecánicos hasta que quede firme antes de vaciar el concreto.

Materiales: Concreto de 14Mpa, Formaleta

Mano de obra: Se dispondrá una cuadrilla 1:3

Equipo: Herramienta menor

Medida y pago: Este ítem se medirá y se pagara por M3 de cuneta fundida in situ, esto incluye todo lo necesario para la realización de la misma, desde la adecuación del terreno, hasta el retiro del material sobrante de la misma.

Ítem 3.2 Alcantarillas

Descripción: Este ítem se refiere al suministro y colocación de todos los elementos pertinentes para la construcción de alcantarillas, delimitadas en los planos y especificaciones del proyecto. Se incluyen además en el presente ítem, los trabajos de excavación y asentamiento de los tubos metálicos de 24” el lecho de hormigón ‘platea’ y el posterior relleno y compactación del suelo con equipos livianos y manuales hasta un recubrimiento por encima del ‘lomos’ del tubo de 0,50m como mínimo ,el bombeo de aguas y desbarre del fondo de la excavación ,la construcción, conservación y remoción posterior de todos los elementos de contención y manejos de las aguas q sean eventualmente necesarias ,todo de acuerdo a estas especificaciones técnicas y en conformidad a los lugares ,alineamientos ,cotas y dimensiones indicadas en los planos y órdenes impartidas por la Fiscalización.

Materiales: Tubos metálico de 24 pulgadas, piedra, Concreto reforzado de 21 Mpa, Mortero para solado y atraque, Sello para juntas 1:3.

Mano de obra: Se dispondrá una cuadrilla 1:3.

Equipo: Mezcladora de 1 bulto, Herramienta menor.

Medida y pago: este ítem será medido y pagado por unidad global, el precio unitario será pagado por alcantarilla realizada, esto incluye gastos externos a la realización de la misma.

Estructura de pavimento y carpeta asfáltica.

Ítem 4.1 sub-base granular.

Descripción: Este ítem comprende todos los trabajos como suministro, transporte, colocación, humedecimiento, extensión, conformación, compactación y terminado del material de sub-base granular sobre una superficie preparada, en una o varias capas, ciñéndose a los lineamientos estipulados en los diseños del proyecto, y/o establecidos por el interventor, Esta sub-base suele utilizarse cuando el terreno de fundación no es lo suficientemente buena para una obra vial, y además de requerir una capa base, requiere una capa estabilizada bajo esta, denominada sub-base.

Materiales: Según la clasificación propuesta por (INVIAS, 2008) según el Nivel de tránsito existen 3 tipos de SUB-BASE granular, definida por la calidad de sus agregados.

Tabla 46.

Uso típico de las diferentes clases de sub-base granular.

Clase de sub-base granular	Nivel de tránsito
clase c	nt1
clase b	nt2
clase a	nt2

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

La sub-base granular utilizada en el proyecto será clase C, Pues es el nivel de tránsito correspondiente es el NT1, ya que los ejes equivalentes arrojados de los estudios de tránsito muestran un tránsito menor a 5×10^5 Ejes equivalentes de 80Ton.

Por lo tanto los requisitos de los agregados tendrán las siguientes características:

- Desgaste en máquina de los ángeles -500 revoluciones 50%
- Degradación por abrasión –
- Pérdida de sulfato de sodio 12%
- Pérdida de sulfato de magnesio 18%
- Límite líquido máximo 25%
- Índice de plasticidad máximo 6%
- Equivalente de arena mínimo 25%
- Contenido de terrones de arcilla 2%
- CBR 30%

Mano de obra: Se utilizara una cuadrilla 1:2.

Equipo: Carro tanque de agua (1000 Galones). Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 ton. Vibro-compactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton.

Medida y pago: La sub-base granular tipo C se medirá y se pagara por M3 ejecutado, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos, derechos de explotación, permisos ambientales, y los costos adicionales que requiera la ejecución de la misma.

Ítem 4.2 Base granular.

Descripción: Al igual que la sub-base este ítem requiere todos los trabajos como suministro, transporte, colocación, humedecimiento, extensión, conformación, compactación y

terminado del material de base granular sobre una superficie preparada(sub-base), en una o varias capas, ciñéndose a los lineamientos estipulados en los diseños del proyecto, y/o establecidos por el interventor, Sobre esta capa se ejecutara la carpeta asfáltica o carpeta de rodadura por donde transitaran los vehículos, y funcionara la vía normalmente.

Materiales: Como la clasificación de la sub-base granular la base también tiene una clasificación similar delimitado de igual manera por (INVIAS, 2008), y de allí deriva la calidad y características de los agregados.

Tabla 47.

Uso típico de las diferentes clases de base granular.

Clase de base granular	Nivel de tránsito
CLASE C	NT1
CLASE B	NT2
CLASE A	NT2

Nota fuente: (INVIAS, 2008).

Por clasificación se tomaran agregados para Base Clase C y los requisitos de los agregados son los siguientes:

- Desgaste en máquina de los ángeles-500 revoluciones 40% y -100 revoluciones 8%
- Degradación por abrasión
- Perdida de sulfato de sodio 12%
- Perdida de sulfato de magnesio 18%
- Limite líquido máximo 25%
- Índice de plasticidad máximo 3%

- Equivalente de arena mínimo 30%
- Valor azul de metileno 10%
- Contenido de terrones de arcilla 2%
- Índice de alargamiento y aplanamiento máximo 35%
- Caras fracturadas mínimo -Una Cara 50%
- CBR > 80%

Mano de obra: Para este ítem se utilizó una cuadrilla 1:2

Equipo: Carro tanque de agua (1000 Galones). Motoniveladora potencia 215 HP, ancho de cuchilla 4,27 m, peso 18 TON. Vibró compactador, potencia 153 HP, peso 10 Ton. Herramienta menor.

Medida y pago: La sub-base granular tipo C se medirá y se pagara por M3 ejecutado, el precio unitario deberá cubrir todos los costos de adquisición, obtención de permisos, derechos de explotación, permisos ambientales, y los costos adicionales que requiera la ejecución de la misma.

Ítem 4.3 Riego de imprimación con emulsión asfáltica.

Descripción: Para este ítem se requiere el suministro, transporte, calentamiento, y aplicación uniforme de la emulsión asfáltica, sobre una superficie granular terminada, con cantidades y los lineamientos determinados en los diseños del proyecto.

Materiales: El material bituminoso a utilizar se clasifica en emulsión asfáltica de rotura lenta y emulsión asfáltica de rotura rápida, y la utilización de estas depende el clima donde se realice el proyecto, y se definen así:

- Emulsión asfáltica de rotura Rápida: Estas emulsiones están diseñadas para reaccionar rápidamente con el árido revirtiendo su estado de emulsión al de asfalto, formando una película relativamente gruesa. Estas emulsiones se aplican normalmente mediante riego, presentando una excelente performance en diferentes zonas geográficas a distintas altitudes y climas.

- Emulsión asfáltica de rotura lenta: Estas emulsiones están diseñadas para máxima estabilidad de mezclado. Se utilizan con agregados de gradación densa y alto contenido de finos. Poseen largos periodos de trabajabilidad para asegurar una buena mezcla con los agregados. Los grados de rotura lenta presentan bajas viscosidades. Las emulsiones lentas dependen totalmente de la evaporación para alcanzar la coalescencia de las partículas de asfalto. Para acelerar el proceso de ruptura se puede agregar cemento o cal hidratada a los agregados.

Mano de obra: se dispondrá de una cuadrilla 0:4

Equipo: Carro tanque Irrigador de asfalto, 1000 galones de capacidad "Compresor (barrido y soplado)". Herramienta menor.

Medida y pago: Para este ítem la medida utilizada y la forma de pago será por M2, el pago incluye todos los costos derivados de la realización del mismo, y será recibido cuando se encuentre el material extendido uniformemente.

Ítem 4.4 Mezcla densa en caliente para carpeta.

Descripción: Para este ítem el trabajo consiste en la elaboración, transporte, colocación y compactación de una capa de mezcla asfáltica tipo densa, preparada y colocada en caliente, de acuerdo con las especificaciones técnicas y ceñida a los lineamientos, cotas, espesores, dimensiones indicados en los planos establecidos por el ingeniero interventor.

Materiales: Unos de los componentes más importantes de esta mezcla son los agregados pétreos, los cuales deben superar los siguientes requisitos de calidad

- Desgaste en la máquina de los ángeles: -500 revoluciones:(Max), -100 revoluciones:
- Durabilidad: 18%(Max)
- Impurezas en agregado grueso: 0.5%(Max)
- Partículas planas y alargadas, relación 5:1: 10%(Max)
- Caras fracturadas: -Una cara: 60%(min), El material bituminoso presente en la mezcla será cemento asfáltico de penetración 60-70.

Mano de obra: Se dispondrá de dos cuadrillas conformadas así 1:8 (un oficial y ocho obreros) y una segunda cuadrilla 0:2 (dos rastrilleros).

Equipo: Cargador: Potencia en el volante 125 hp, Clasificación de RPM del motor 2300. Compactador neumático de Potencia 70 HP, peso de 13 ton. Compactador de Rodillo de potencia: 99HP, PESO: 8 ton. Planta de asfalto en caliente. Planta trituradora. Retroexcavadora E-200 sobre orugas. Terminadora de asfalto (Finisher), potencia en el volante 174 HP, R=20M³/H, velocidad de desplazamiento 114 m/min. Volqueta 6 m³.

Medida y pago: Se medirá y se pagara este ítem en m³, para toda obra ejecutada definida en el contrato, de acuerdo con la respectiva especificación y satisfacción del ingeniero interventor.

Señalización vertical y horizontal.

Ítem 5.1 línea de demarcación con pintura en frio.

Descripción: Consiste en el suministro, transporte, almacenamiento, preparación y aplicación de la pintura de tráfico, de acuerdo a los colores y las dimensiones de los planos estipulados en el proyecto.

Materiales: Pintura de aplicación en frio a base de solventes, color amarillo y blanco, esferas reflectiva, y solventes (acrílico).

Mano de obra: Se utilizara una cuadrilla de 1:3

Equipos: Herramienta menor.

Medida y pago: Este ítem será medido y pagado por metros lineales (m) de pavimento pintado, y debe cubrir todos los gastos asociados a las actividades derivadas de esta actividad, aceptados a satisfacción del interventor.

Ítem 5.2 Tachas reflectiva.

Descripción: Se suministrarán, almacenarán, transportarán y se colocarán tachas reflectiva en la superficie del pavimento, con sus respectivos adhesivos adecuados, resistiendo al tránsito automotor sin desprenderse, siguiendo los lineamientos establecidos en los planos de diseño.

Materiales: Tachas tipo A: retro-reflectiva bidireccional de un solo color, elaboradas con materiales metálicos o plásticos, adecuado con vidrio acrílico en forma prismática para su reflectividad, con altura menor a 0.8 pulgadas(20.3mm), y un ancho menor a 5,1 pulgadas(130mm). Resina termoplástica.

Mano de obra. Se utilizará una cuadrilla 1:2.

Equipos. Camioneta D-300, Máquina térmica pega tachas, Herramienta menor.

Medida y pago. Se medirá y se pagará este ítem por unidad, se hará el respectivo precio unitario del contrato por tacha pegada a satisfacción del interventor.

Ítems 5.3, 5.4 Señalización vertical.

Descripción. Se dispondrá la colocación de las respectivas señales de tránsito verticales, restrictivas, preventivas, informativas y orientativas necesarias en cada uno de los tramos del proyecto, de acuerdo a las especificaciones del diseño y con la autorización del ingeniero interventor.

Materiales: Se utilizarán las siguientes señales de tránsito (anteriormente caracterizadas):

- SP-03 Curva pronunciada a la izquierda
- SP-04 Curva pronunciada a la derecha
- SP-16 Bifurcación a la izquierda
- SP-22 Incorporación de tránsito desde la derecha
- SP-49 Animales en la vía
- SP-75 Delineador de curva horizontal
- SR-26 Prohibido adelantar
- SR-30 Velocidad máxima permitida
- SI-21 Estación de servicio.

Mano de obra: Se utilizará una cuadrilla 1:3.

Equipos: Camioneta D-300, Herramienta menor.

Medida y pago: Se medirá y se pagara este ítem por unidad, se hará el respectivo precio unitario del contrato por cada señal vertical puesta a satisfacción del interventor.

Obras complementarias.

Ítem 6.1 empadricacion.

Descripción: Este ítem comprende la siembra de césped tipo trenza, mediante el recubrimiento de tierra orgánica y siembra de la misma, en los sitios indicados por los planos y autorizados por el ingeniero interventor. Cualquier daño por erosión u otras causas, deberá ser reparado satisfactoriamente antes de iniciar los trabajos de empadricacion.

Materiales: Semilla de césped tipo trenza, Agua, abono orgánico.

Mano de obra: Se dispondrá una cuadrilla 0:2.

Equipos: Herramienta menor.

Medida y pago: La medida será el número de metros cuadrados (m²), sobre la superficie inclinada, con aproximación a un (1) decimal de áreas de empadricacion conforme con las especificaciones y las construcciones del Interventor. El precio unitario deberá cubrir todos los costos de preparación o reparación de las superficies por empradizar, el suministro, la colocación

y todos los gastos relacionados con la correcta ejecución de los trabajos especificados y la conservación de las obras terminadas, hasta el recibo final de las obras del Contrato.

Capítulo 5: Conclusiones

Al realizar el diagnóstico del estado actual de la vía se pudo encontrar el abandono que ha tenido el estado en cuanto a estas importantes rutas que sirven para abastecer desde el campo con productos agropecuarios a las ciudades cercanas; es evidente la falta de mantenimiento tanto rutinario que permita mantener limpias y libres de vegetación las obras de drenaje, como mantenimientos periódicos que abarque la reparación de elementos importantes de la vía. Además se observó las dificultades que aparecen a la hora de transportarse en las diferentes temporadas climáticas del año, pues en la estación de invierno la carretera se llena de fango que imposibilita el avance normal de los vehículos y en estaciones de verano aparece el material particulado (polvo) que puede generar enfermedades y complicaciones a los que por ese tramo vial transitan, por esto se concluye que la vía pavimentada sería una opción que podría solucionar estas problemáticas importante de la región, de allí la importancia de la realización de este proyecto.

En cuanto a la realización del diseño del pavimento se concluye que es de vital importancia conocer parámetros fundamentales, tales como estudio de tránsito y de suelos, ya que partir de estos datos podemos conocer que tan bueno puede llegar a ser nuestra sub-rasante al igual de tener una proyección del flujo vehicular que empleara esta vía. Por tanto si la capacidad del suelo (CBR) es lo suficiente baja y los volúmenes de tránsito son grandes se puede afirmar que se requerirán de espesores lo suficientemente grandes con el propósito de contrarrestar las cargas impuestas por el tránsito, caso contrario a lo sucedido en el diseño del pavimento en el tramo La Playa de Belén – Corregimiento de Aspásica, pues una vez realizado todos los estudios de suelos

requeridos para conocer así las propiedades físico-mecánicas, se obtuvo valores de CBR buenos, además de tener volúmenes de tránsito menores a 0.1×10^6 ejes equivalentes de 8.2 Ton (tránsito bajo), lo cual favoreció en gran medida a que los espesores arrojados fueran los mínimos requeridos por los manuales de INVIAS, siendo así que los espesores obtenidos fue carpeta asfáltica 3", base granular 4" y sub-base granular 4".

En lo que se refiere al diseño geométrico se encontró que en el diseño en planta para empalmar los alineamientos la mejor opción es curvas circulares simples puesto que con un radio de 80m se está cumpliendo con el radio mínimo exigido por el manual de diseño de carreteras INVIAS, que para este caso sería 43m y además de garantizar una distancia de visibilidad de parada, de adelantamiento y, un excelente proceso constructivo y económico.

En lo que respecta a la transición de peralte para vías inter-urbanas de orden terciario como es el caso del presente proyecto se diseñó con un 6% de inclinación transversa según el MDGC INVIAS brindando así un desplazamiento seguro tanto en la longitud de transición como en las curvas circulares simples y se asumió un bombeo normal de 2 % en las entre tangencias horizontales para garantizar y facilitar el drenaje o escurrimiento de las aguas lluvias de superficie

Para el diseño en vertical se calculó unas longitudes de curvas verticales de 300 metros cumpliendo así con lo estipulado en el manual de diseño geométrico de carreteras INVIAS el cual dice que para una velocidad de 40 km/h la longitud mínima de una curva vertical es 80m,

brindando así una variación gradual de la pendientes de entradas y de salida sin que se generen cambios bruscos en la curvatura y que satisfacen los requisitos de visibilidad de parada, requisito fundamental en la seguridad de los usuarios de la vía.

En lo referente a las tangentes verticales se calcularon longitudes de las mismas dentro de los parámetros estipulados en el manual de diseño geométrico de carreteras del INVIAS el cual nos obliga a garantizar un longitud mínima de tangente vertical cuando la $V_{tr} = 40$ km/h correspondiente a la distancia que recorra en 7 segundos a dicha velocidad y una longitud máxima o critica, el cual se garantiza que los vehículos pesados no se van a ver afectados en su velocidad de operación (25 km/h).

Por ultimo Con el desarrollo del proyecto se pudo observar que la realización del mismo tendrá un costo de Cuatro mil cuatrocientos sesenta y cinco millones, cuatrocientos sesenta mil cuatrocientos setenta y tres pesos (\$\$ 4.465.460.473), que divididos en los cuatro kilómetros estudiados tendría una valor aproximado de mil ciento dieciséis millones, trecientos sesenta y cinco mil ciento dieciocho pesos (\$1.116.365.118.25) por kilómetro, inversión que si hubiese la posibilidad de ejecutarla evitaría inconvenientes a largo plazo, ya que se diseñó a una vida útil de 10 años, años en los cuales solo se requerirían mantenimientos rutinarios que logren conservar en correcto funcionamiento todos los elementos de la vía, economizando gastos y mejorando la movilidad de la zona.

Capítulo 6: Recomendaciones

Es recomendable la realización de mantenimientos rutinarios que conserven en correcto funcionamiento y eviten daños de todos los elementos correspondientes a la vía, procurando no se tenga que entrar a reparar con mantenimientos periódicos elevando altamente los costos. Junto con esto se recomienda recuperar el derecho de vía pertinente, que corresponde a quince (15) metros a cada lado desde su eje, esto para evitar inconvenientes con los dueños de los predios por donde está trazada la vía, y por donde se realizara el nuevo trazado, el cual está estipulado en los diseños del actual proyecto.

Además se recomienda al contratista encargado de la ejecución de este proyecto observar, analizar y aplicar todos los requerimientos técnicos contemplados dentro del proceso constructivo para pavimentos flexibles, esto con el fin garantizar que cada actividad a realizar se cumpla bajo los lineamientos de calidad propuestos por el Instituto Nacional de Vías.

Se recomienda de igual manera, a los entes gubernamentales encargados del mantenimiento de las vías terciarias, implementar en la actual vía, toda la señalización vertical requerida, con el fin de evitar en lo posible accidentes que puedan ocasionar daños irreversibles en la integridad del usuario, o en el peor de los casos la muerte.

La finalidad del Proyecto, es mejorar la calidad de vida de la población del sector, a través de la optimización de la red vial inter-urbana. Por tanto se recomienda para ello hacer énfasis, en

desarrollar las obras relacionadas al movimiento de tierra de acuerdo a las especificaciones técnicas y normatividad vigente, siguiendo así los diseños realizados, utilizando los puntos de referencia identificados en el levantamiento topográfico previo, controlando las pendientes verticales y horizontales del diseño, para obtener así un excelente trazado geométrico de la vía.

Como ultima sugerencia, en el presupuesto del proyecto están acotados los equipos, materiales, mano de obra, y mecanismos de transportarte necesarios para su respectivo desarrollo, es de vital importancia que se tenga en cuenta todos estos aspectos para que no se generen sobrecostos en el mismo, además de esto manejar con cautela los rendimientos estipulados en los análisis de precios unitarios (APU), ya que en campo deben coincidir con los acá mencionados, haciendo lo más exacto posible el presupuesto del proyecto, sin generar días de retraso y lo haga rentable para su ejecución.

Bibliografía

- AASHTO Guide for Design of Pavement Structures*. (1993). 444 N Capital Street. E.E., Suite 249 Washington, D.C: published by the american association of state Highway and Transportation Officials.
- Wikipedia*. (2014, 01 29). Retrieved from <https://es.wikipedia.org/wiki/Pavimento>
- 4109, N. (2018). *NTC 4109*. BOGOTA.
- Alcaldía de la Playa de Belén. (n.d.). Retrieved julio 22, 2017, from Contratación: <http://laplayadebelen-nortedesantander.gov.co/contratacion.shtml>
- Alfonso Montejó Fonseca. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogota D.C: Agora editores.
- Alfonso Montejó Fonseca. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*.
- Alfonso Montejó Fonseca. (2002). *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS*. BOGOTA D.C: UNIVERSIDAD CATOLICA DE COLOMBIA.
- Asociación Colombiana de Productores de Concreto – Asocreto. (2014, 04 08). *Blog 360° en concreto*. Retrieved from <http://blog.360gradosenconcreto.com/disenio-de-pavimentos-de-concreto-metodo-aashto/>
- Blasquez, L. B. (2005). *Infraestructura de pavimentos*. Bogota D.C.
- Bowles, J. E. (1981). *Manual de laboratorios de suelos en ingeniería civil*. Mexico: McCRAW - HILL BOOK Co. U.S.A.
- Braja M. Das. (2001). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Polanco: Thomson Editores, s.a.
- Bravo, J. M. (2014, Octubre 10). *El tiempo*. Retrieved from Sistema de transportes por carreteras en Colombia: http://www.elmundo.com/portal/opinion/columnistas/sistema_de_transportes_por_carreteras_en_colombia_1.php#.WX_V84ThDIV
- Canal Construcción. (2017, Julio 06). *Pavimentos Flexibles*. Retrieved from <http://www.urbanismo.com/pavimentos-flexibles/>
- CORPONOR. (2000). *Esquema de ordenamiento territorial*.
- El mundo. (2013, Noviembre 15). Proyectos de 4G cambiarían la historia de Colombia. *El mundo*.
- Grisales. (2013). *DISEÑO GEOMETRICO DE CARRETERAS*. BOGOTA: ECOE EDICIONES.
- Grisales, J. C. (2013). *Diseño geométrico de carreteras (Segunda edición)*. Bogota: Ecoe.

- INVIAS. (2006). *MANUAL PARA LA INSPECCION VISUAL DE OBRAS DE DRENAJE SUPERFICIAL*. BOGOTA.
- INVIAS. (2008). *Manual De Diseño Geometrico De Carreteras*.
- INVIAS. (2008). *Manual de diseño geometrico de vias*. Jorge Hernan Florez Galvez ; Nelson Rivas Muñoz ; Nixon Alexander Correa Muñoz.
- INVIAS. (2008). *NORMAS Y ESPECIFICACIONES TECNICAS*. BOGOTA.
- INVIAS. (2009). *Manual de drenaje para carreteras*. Jorge Hernán Florez Gálvez; Adriana Bolaños Mora.
- INVIAS. (2015). *Manual de señalizacion vial*. Gerardo Avila Rodriguez.
- Lina Monsalve, Laura Giraldo, Jessyca Maya. (2012). *Diseño de Pavimento Flexible y Rigido*. Armenia: Universidad del Quindio.
- MinTransporte. (2015). *MANUAL DE SEÑALIZACION VIAL*. Bogota D.C: Diseñum Tremes.
- NTC. (2009). *NORMA TECNICA COLOMBIANA 5672*. BOGOTA DC: ICONTEC.
- Oscar V. Cordo. (2006). *AASHTO Design Procedures For New Pavements*. La Paz: Escuela de Caminos de Montaña de la facultad de ingenieria de la Universidad Nacional de San Juan.
- Ospina, J. J. (2002). *Diseño geometrico de vias*.
- Pérez, G. J. (2015, Octube). *Banco de la República*. Retrieved from http://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/DTSER-64.pdf
- PNUD, D. H. (1997). *Indicadores de desarrollo humano*. Cucuta.
- Rosario, U. d. (2013). *Historia de Colombia*. Bogota D.C.
- Sarmiento, S. F. (2009, 04 27). *Obras Civiles*. Retrieved from <http://udesobrasciviles.blogspot.com.co/2009/04/pavimentos-articulados.html>
- Transporte, M. d. (n.d.). *MANUAL DE SEÑALIZACION VIAL*.
- Universidad Catolica de Valparaiso. (2001). *Manual de laboratorio CBR*.
- Valenzuela Rodríguez, J. (n.d.). *Actualización de coeficientes de daño para el diseño de pavimentos flexibles*. Retrieved from <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/2944/Capitulo2.pdf>

Apéndices

Apéndice A. Estudios de suelos por muestra ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice B. Planos levantamiento topográfico ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice C. Cartera de campo ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice D. Planos diseño geométrico en planta, perfil y secciones transversales ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice E. Planos de señalización horizontal y vertical. ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice F. Planos de obras complementarias. ([Ver archivo adjunto](#))

Apéndice G. Presupuesto con sus respectivos APU. ([Ver archivo adjunto](#))